



Sveučilište u Rijeci
University of Rijeka
<http://www.uniri.hr>

Polytechnica: Journal of Technology Education, Volume 2, Number 1 (2018)
Politehnika: Časopis za tehnički odgoj i obrazovanje, Volumen 2, Broj 1 (2018)



Politehnika
Polytechnica
<http://www.politehnika.uniri.hr>
cte@uniri.hr

Stručni članak
Professional article
UDK 373.3.016:62(497.5)

Razvoj kurikuluma osnovnoškolske nastave robotike

Zvonimir Lapov Padovan

Filozofski fakultet

Sveučilište u Rijeci

Sveučilišna avenija 4, 51000 Rijeka

zvonimir.lapov@hzt.hr

Stjepan Kovačević

Prirodoslovno-matematički fakultet

Sveučilište u Splitu

Ruđera Boškovića 33, 21000 Split

stjepan@pmfst.hr

Damir Purković

Sveučilište u Rijeci

Sveučilišna avenija 4, 51000 Rijeka

damir@uniri.hr

Sažetak

Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća robotika je postala važno područje tehnike, koje se sve brže razvija, te bez kojega danas nije moguće zamisliti suvremenu proizvodnju. Takav razvoj uvjetuje i odgojno-obrazovni proces, koji se mora prilagođavati, ako društvo želi pratiti korak s vremenom. Zbog atraktivnosti i široke dostupnosti različitih robotskih i automatskih uređaja i naprava, sadržaji robotike postali su i predmetom interesa djece različite dobi, te tako i predmetom poučavanja u različitim školskim i izvanškolskim programima i aktivnostima. Ipak, složenost i multidisciplinarnost ovakvih sadržaja, kao i visoki kognitivni zahtjevi prema učenicima, ističu problem primjerenosti pristupa, strategija i metoda učenja i poučavanja, odnosno razvoja i operacionalizacija kurikuluma takve nastave. Stoga se u ovom radu donose teorijska i praktična polazišta za organizaciju nastave i razvoj kurikuluma. Teorijski dio rada govori o značaju i položaju tehnike u osnovnoškolskom obrazovanju, iznose se koncepti i pristupi razvoju nastave tehnike općenito, osobito nastave automatike i robotike. Drugi dio rada obuhvaća smjernice za razradu i operacionalizaciju takvog kurikuluma u osnovnoškolskom obrazovanju, koji ujedno donosi i prijedlog okvira kurikuluma. Iako predložene smjernice ne konkretiziraju mnoge aktivnosti učenika na mikro razini, čine jasno polazište za razvoj i operacionalizaciju izvedenog kurikuluma nastave, kojeg svaki nastavnik treba prilagođavati vlastitim učenicima i okruženju.

Ključne riječi: *automatika; izborna nastava; kurikulum nastave; robotika; tehnička kultura.*

1. Uvod

Suvremeno društvo više je no ikad u prošlosti prožeto tehničko-tehnološkim utjecajima, kako u svakodnevnom životu i slobodnom vremenu

pojedince, tako i u njegovu profesionalnom djelovanju i razvoju. Tako su danas automatika i robotika prisutne u različitim sferama ljudskog života i rada; od naprava, uređaja i sustava koji nam olakšavaju svakodnevni život, do onih iz poslovnog i proizvodnog okruženja u kojima

profesionalno djelujemo. S obzirom na tu sveopću prisutnost tehnike i tehnologije u našem okruženju, neosporno je da ona treba biti i sastavni dio odgoja i obrazovanja svakog pojedinca, jer škola nije samo osposobljavanje za život, već škola jest život, odnosno, sastavni dio života (prema: Dewey, 1916). Unatoč tome, pedagoške i odgojne vrijednosti tehničkog odgoja i obrazovanja se često osporavaju ili se promatraju kao nešto što nema trajnu vrijednost, pa ne treba biti dijelom obveznog obrazovanja. Takvo stajalište je u suprotnosti s mnogim znanstvenim i iskustvenim polazištima kojima se ističe značaj i vrijednost tehničkog obrazovanja i praktičnog tehničkog djelovanja za cjeloviti razvoj svakog pojedinca (Milat, 1996; Kelly i Kellam, 2006; Petrina, 1998; Vigotsky, 1998). Ujedno se u različitim dokumentima i preporukama Europske unije i UNESCO-a, poput preporuka za tehničko i strukovno obrazovanje (UNESCO/ILO, 2001, 2012), tzv. *Bonske deklaracije* (UNESCO, 2004), kao i europskih preporuka o ključnim kompetencijama za cjeloživotno učenje (European Parliament, 2006) razvoj tehničkih (tehnoloških) kompetencija, među kojima su one iz područja automatike i robotike, ističe kao neizostavan, kako za razvoj pojedinca, tako i društva u cjelosti. Pri tom se pod tehnološkim kompetencijama ne podrazumijevaju samo one u IKT području, kako se to danas često tendenciozno interpretira, već cjelovite tehničko-tehnološke kompetencije koje svakom pojedincu omogućuju snalaženje, djelovanje i razvoj u osobnom i profesionalnom smislu.

Bez obzira na načelno priznati značaj tehničkog obrazovanja, rast i razvoj tehničko-tehnoloških spoznaja čini tehničko nastavno područje vrlo dinamičnim. To često u javnosti stvara pogrešnu sliku o trajnosti i smislenosti pojedinih tehničkih znanja i vještina. Naime, iako su se mnoga tehnička znanja i vještine u 60-tak godina postojanja sustavnog općeg tehničkog odgoja i obrazovanja promijenili, njihova jezgra je uglavnom postojana i treba biti dijelom obveznog obrazovanja. Unatoč tome, pojedina tehnička područja, koja su bitno promijenila i nadogradila cjelokupne tehničke spoznaje i vještine, ujedno ne moraju biti dijelom općeg i obveznog odgoja i

obrazovanja, osobito stoga jer traže i posebne dispozicijske osobine pojedinca. U takvo područje ubrajaju se automatika i robotika, kao neizostavni dio tehničkog nastavnog područja.

Osobiti problem implementacije spoznaja iz ovog područja u kurikulum općeg i obveznog obrazovanja predstavljaju različiti populistički trendovi, koji umanjuju značaj tehničke komponente ove nastave, ali i neprimjerena operacionalizacija kurikulumu nastave automatike i robotike. Takvi trendovi, iako mogu popularizirati automotiku i robotiku među mladim naraštajima, dugoročno neće polučiti željenu razinu postignuća ciljane skupine učenika, primarno zbog nepostojeće ili neprimjerene znanstvene i kurikulumske osnove. Kada je riječ o općem odgoju i obrazovanju, sadržaji automatike i robotike su neodvojiv dio tehničkog nastavnog područja, koje se u obrazovnom sustavu Republike Hrvatske ostvaruje nastavom tehničke kulture, manjim dijelom u redovnom programu, a većim dijelom u izbornim, izvannastavnim ili izvanškolskim aktivnostima učenika.

Zbog problema primjerene operacionalizacije kurikulumu automatike i robotike u općem odgoju i obrazovanju ovaj rad ima intenciju doprinijeti sustavnom rješavanju toga problema. Stoga se u radu iznosi osnovna uloga i značaj tehnike u općem odgoju i obrazovanju, ali i teorijska polazišta koja ističu jedinstvenost tehničkog odgoja i obrazovanja. Iznose se paradigme i pristupi takvom obrazovanju i razvoju kurikulumu nastave tehnike, kao uporištima za daljnje rješavanje problema. U daljnjem tijeku rada se iznose posebnosti područja automatike i robotike, određenja tih pojmova te distinkcija i međudnos između tih pojmova. U konačnici, u radu se predlažu glavne smjernice za razradu operativnog kurikulumu osnovnoškolske nastave robotike.

2. Značaj nastave tehnike u općem odgoju i obrazovanju

Današnji ubrzani znanstveno-tehnološki razvoj društva zahtjeva i visoku razinu tehničke kulture,

odnosno tehničke pismenosti svakog pojedinca, što ukazuje na važnost općeg (politehničkog) obrazovanja. Stoga promjene u programima općeobrazovnih škola, pa tako i škola u Hrvatskoj, trebaju ići u smjeru povećanja znanstvenog i tehnološkog obrazovanja (prema: Milat, 1995). Takvom smjeru teži i aktualna *Strategija obrazovanja, znanosti i tehnologije* (Hrvatski sabor, 2014) u kojoj se ističe misija hrvatskoga obrazovnog sustava koja teži osiguranju kvalitetnog obrazovanja dostupnog svima pod jednakim uvjetima, ali u skladu sa sposobnostima svakoga korisnika sustava. Ovo polazište, koje uvažava različite sposobnosti učenika, iznimno je važno sa stajališta sadržaja iz automatike i robotike, koji su često kognitivno zahtjevniji i visoko apstraktni za učenike osnovnoškolske dobi. Dakle, isti uvjeti za sve ne znače i to da svi učenici nužno trebaju ovladati istim spoznajama ili se opredijeliti za isto područje interesa, što složenim područjima, kao što su automatika i robotika, pridaje epitet izbornosti. Stoga ovakve aktivnosti u općem odgoju i obrazovanju primarno trebaju biti usmjerene onim učenicima koji svojim interesima i sposobnostima mogu ovladati takvim spoznajama. Iz ovog dokumenta važno je izdvojiti pojedine ciljeve i zadaće obrazovnog sustava koje, premda neizravno, daju značaj tehničkom nastavnom području, a među kojima su: a) izgradnja sustava za identificiranje, poticanje i razvoj sposobnosti i potencijala pojedinaca te ojačavanje službe za cjeloživotno osobno i profesionalno usmjeravanje – prepoznati kvalitete i potencijal pojedinca, raditi sustavno na njegovim nedostacima i profesionalno ga usmjeravati od najranije dobi; te b) proširivanje i unaprjeđivanje primjene informacijske i komunikacijske tehnologije u učenju i obrazovanju – tehnologija mora biti alat u stjecanju obrazovanja i kompetencija pritom ne napuštajući stare i tradicionalne oblike učenja. Iz ovako istaknutih ciljeva i zadaća nedvojbeno je kako nastava tehničkog područja, koja uključuje automatiku i robotiku, obuhvaća i aktivnosti učenika koje doprinose njihovu ostvarivanju.

Argumentacija važnosti i značaja tehničkog odgoja i obrazovanja u općeobrazovnim školama seže od ekonomske, demokratske, kulturološke,

pa do opće korisnosti (prema: Barlex, 2015). Ekonomska argumentacija zasniva se na činjenicama kako današnje društvo, čije vrijednosti cijenimo, počiva na održivosti, razvoju i gospodarskom uspjehu koji omogućuje inovativna uporaba tehnike i tehnologije, dok kvalifikacije u ovom području omogućuju široki raspon profesionalnog razvoja pojedinca. Argument korisnosti govori kako je tehničko razmišljanje i djelovanje, koje uključuje vještine tehničkog dizajniranja, te rješavanje tehničkih i praktičnih problema, korisno u svakodnevnim životnim situacijama. Demokratski argument kaže kako je potrebno razumijevanje tehnike i tehnologije za postizanje *informiranog gledišta* o pitanjima i problemima tehnike nužnog za uključivanje u debate i rasprave o takvim problemima (prema: Barlex, 2015). Prema kulturološkom argumentu tehnika i tehnologija su glavna dostignuća naše kulture, zbog čega bi svakome trebalo pomoći cijeniti ih na isti način kako se to čini s književnošću, umjetnošću i glazbom (Barlex, 2015). Dakle, poznavanje i razumijevanje tehnike i tehnologije, posjedovanje vještina i umijeća rukovanja i upravljanja tehničkim sredstvima, sposobnost adekvatnog izbora sredstava i metoda rada, kao i umijeće korištenja tehničkih sredstava i tehnologije postalo je važan dio osposobljenosti svakog pojedinca. Suvremena istraživanja i izvješća ističu visoku važnost tehničkog obrazovanja za razvoj sposobnosti potrebnih za rješavanje problema, samopouzdanje učenika (Kelly i Kellam, 2009; Morgan, Jones, Barlex, 2013) i motiviranost za učenje i zadržavanje u školi (Chad i Drage, 2006). Ono daje rijetku priliku učenicima za sudjelovanje u tehničkom i praktičnom obrazovanju, nudi kreativna iskustva potrebna za razvoj inovativnosti te pruža priliku za suradnju, timski rad i komunikaciju, što se smatra vještinama neophodnim za buduće zapošljavanje pojedinca, neovisno o poslu koji će u budućnosti raditi (prema: Morgan, Jones, Barlex, 2013).

Nasuprot tome, u Hrvatskoj se u posljednja dva desetljeća nije značajnije promijenio pristup niti način učenja i poučavanja u radno-tehničkom odgojno-obrazovnom području. Suprotno trendovima tehnološkog razvoja i dosezima

obrazovnih znanosti razvijenih zemalja, smanjenjem satnice, izravnim poučavanjem umjesto stjecanjem iskustava, neopremanjem školskih radionica, ukidanjem izborne nastave i izvannastavnih tehničkih aktivnosti, zakinuti su najviše učenici, a dugoročno društvo i privreda. Iako još uvijek većina osnovnih škola upošljava kompetentne učitelje tehničke kulture, goruće probleme čine niska zastupljenost tehničkog područja u kurikulumu općeg odgoja i obrazovanja, neodgovarajuća opremljenost praktikuma i radionica, nesustavno obnavljanje potrošnog materijala te nezavidan status i uvjeti rada učitelja (prema: Purković, 2015). Zbog toga je ovo nastavno područje prepušteno osobnom angažmanu nastavnika, te nesustavnim izvaninstitucionalnim i privatnim inicijativama. Sagledavajući osnovnu funkciju školovanja kao osposobljavanje učenika za snalaženje u životnom okruženju te samostalno učenje i razvoj u različitim područjima, jasno je kako takav razvoj treba uključivati i aktivnosti u različitim područjima. Stoga učenik, uz jezičnu, humanističku i prirodosnanstveno-matematičku pismenost, treba steći i tehničko-tehnološku i informatičku pismenost koje dobivaju na značaju zbog razvoja i utjecaja tehnike i tehnologije na život. U tom smislu zadaća je školskog sustava sadržajno, metodički i kontekstualno razvijati takve nastavne aktivnosti koje će omogućiti osposobljavanje učenika za samostalno djelovanje i za osamostaljivanje u tehničkom odgojno-obrazovnom području. Osposobljavanje za život znači osposobljavanje za rad, ali isto tako i za slobodno vrijeme, društvene odnose i za samoobrazovanje (samoosposobljavanje). Tehnička pismenost ne stječe se samo učenjem činjenica o tehnici, već je potrebno ovladati osnovama tehnike i tehnologije - usvojiti određena proceduralna znanja, razviti određene sposobnosti, steći određena praktična umijeća i vještine rukovanja, upravljanja, izbora i korištenja tehnike i tehnologije, razumjeti njihovu svrhu i značaj za zajednicu te se prema njima odnositi stvaralački i kreativno. Ovo je postalo značajno pitanje osposobljavanja, ne samo općeobrazovnog (kulturno-civilizacijskog) nego i socijalnog (egzistencijalnog). Osnovni elementi

koji značajno utječu na takvo osposobljavanje su (prema: Milat, 1993): a) sposobnost samostalnog uočavanja tehničkih problema; b) sposobnost samostalnog traženja metoda, putova, načina i mogućnosti rješenja problema; c) sposobnost samostalnog i uspješnog rješavanja problema; i d) sposobnost samostalnog i uspješnog praćenja te argumentiranja valjanosti rezultata rješenja problema. Ovako određeno razvoja tehničko-tehnoloških sposobnosti, koje u osnovi predstavlja razvoj tehničke pismenosti ili ključnih tehnoloških kompetencija svakog pojedinca, pretpostavlja i primjerenu paradigmatiku podlogu i pristup odgoju i obrazovanju. Naime, dugogodišnji bihevioristički pristup, koji je još uvijek prisutan u tehničkom i profesionalnom obrazovanju, nužno je nadograditi kognitivističkim spoznajama te osobito suvremenim konstruktivističkim smjernicama (prema: Petrina, 2005; Purković, 2013). Iako je tehničko nastavno područje prilično *kruto*, jer uključuje normiranost, te često ne nudi priliku za različita tumačenja stvarnosti, ipak je put do takvih spoznaja različit za svakog pojedinca. Stoga svaki učenik treba vlastitim aktivnostima, a ne nametnutim istinama, doći do spoznaja. Ovo je osobito važno u općem odgoju i obrazovanju u kojem su učenici neprofilirana skupina pojedinaca različitih sklonosti, mogućnosti i interesa.

Dakle, vlastito iskustvo je temelj za razvoj spoznaje, a konstruktivistička paradigma osnova za daljnju razradu kurikulumu nastave općeg tehničkog područja, pa tako i osnovnoškolske nastave automatike i robotike.

3. Teorijska polazišta razvoja kurikulumu nastave tehnike

Pri preobrazbi postojećeg, ali i razvoju novog kurikulumu nastave važno je razumjeti suvremena paradigmatika polazišta i pristupe učenju i poučavanju, te načela, koncepte i pristupe na kojima se treba zasnivati razvoj kurikulumu tehničkog odgoja i obrazovanja. Na razvoj konstruktivističkog pristupa učenju i nastavi u mnogome je utjecao američki filozof i psiholog

John Dewey, kao začetnik teorije iskustvenog učenja i jedan od osnivača filozofske škole pragmatizma. Njegovi prijedlozi i prijedlozi drugih osnivača ove škole, poput Charlesa Peircea i Williama Jamesa, polazili su od toga da tehničko obrazovanje treba biti namijenjeno svima s ciljem opremanja učenika potrebnim znanjima, vještinama i sposobnostima u kontekstu tehnike i tehnologije, života, djelovanja i rada u tehnološkom društvu (prema: Kelly i Kellam, 1999). Konstruktivizam se tako može smatrati filozofijom učenja koja se temelji na djelima Deweya (1930), Piageta (1985), Vygotskog (1976) i drugih autora. Glavno načelo konstruktivističkog pristupa učenju polazi od toga *da učenik aktivno gradi nove spoznaje, a ne da pasivno dobiva i upija činjenice* (prema: Jacobson i Wilensky, 2006). Kelly i Kellam (1999) te Scott i Sarkees-Wircenski (2001) prihvaćaju pragmatističko gledište (eksperimentalizam) koji podržava ideju stjecanja znanja kroz rješavanje problema čime se potiče kritičko razmišljanje i zaključivanje. Osim toga, osnivači pragmatističke škole podržavaju tehničko obrazovanje s inženjerskim oblikovanjem kao sredstvom za poticanje tehničke pismenosti, istovremeno razvijajući vještine potrebne za rad (Jacobson i Wilensky, 2006). Stoga Jacobson i Wilensky (2006) preporučuju primjenu konstruktivističkog pristupa učenju i vjeruju da ovakav način učenja može povećati učenikovo razumijevanje složenih sustava i čini učenje zanimljivijim i motivirajućim za učenike. Wankat (2002) i Becker (2002) se slažu da je konstruktivistički pristup najbolji pristup za poboljšavanje učenja inženjerstva i tehničkog (tehnološkog) obrazovanja. Becker (2002) objašnjava kako je konstruktivistički pristup svojstven mjerilima tehničke (tehnološke) pismenosti te da je promjena iz biheviorizma ka konstruktivizmu u odgoju i obrazovanju ključna kako bi učenici bili spremni za današnju globalnu ekonomiju. Wankat (2002) ujedno smatra kako učenik, a ne nastavnik, mora biti u središtu obrazovanja, te se nužno treba protiviti *tiraniji sadržaja*, fenomenu koji stalno nastaje (raste) u tehničkom obrazovanju. Ovakvo stajalište ističe važnost usustavljivanja i konceptualizacije tehničkih spoznaja, a ne gomilanja sadržaja, te

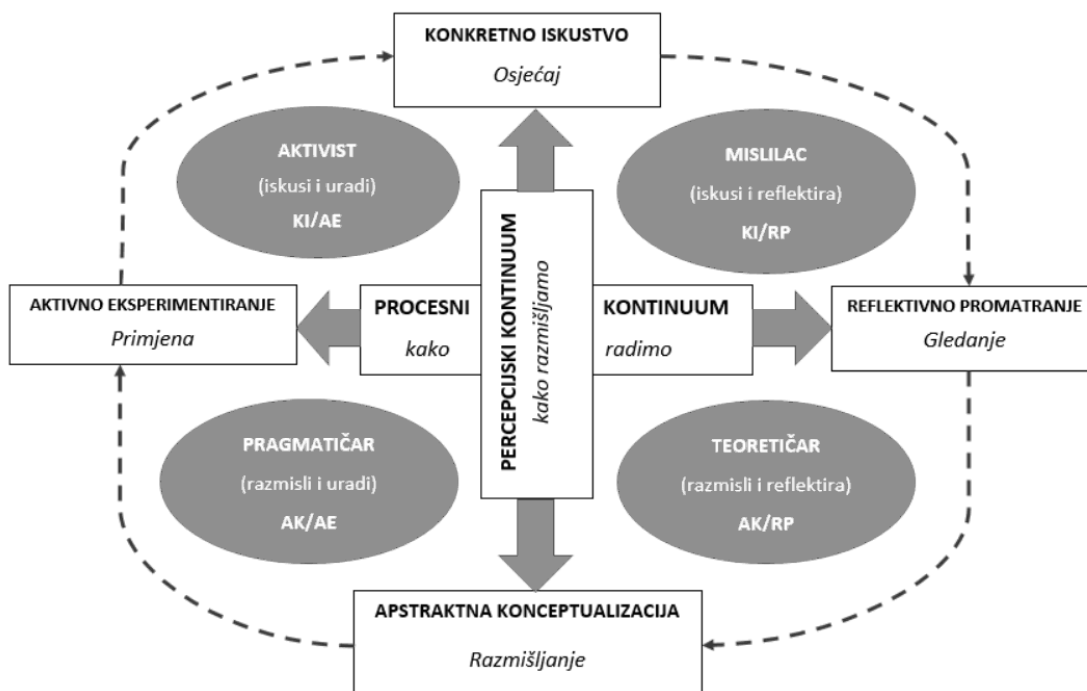
dinamičku aktualizaciju sadržaja i prilagodbu aktivnosti učenika takvim sadržajima.

Ulazeći dublje u probleme stvarne realizacije učenja i poučavanja važno je ustanoviti koje se strategije i pristupi mogu primijeniti u nastavi tehničkog područja, upravo kako bi se udovoljilo konstruktivističkim smjernicama i perspektivama učenja. Crawford (2001) stoga navodi pet ključnih strategija za aktivno angažiranje učenika: a) povezivanje - učenje u kontekstu nečijeg životnog iskustva ili već postojećeg znanja; b) iskustvo - učenje kroz rad, putem istraživanja, otkrića i izuma; c) primjena - učenje putem korištenja naučenih koncepta, odnosno, primjene u konkretnim nastavnim situacijama; d) suradnja - učenje u kontekstu dijeljenja, reagiranja i komuniciranja s drugima; i e) prijenos (transfer znanja) - korištenjem stečenih znanja i vještina u novom kontekstu, odnosno, situaciji koja nije prethodno realizirana u nastavi. Pri implementaciji konstruktivističkog pristupa učenju treba uvažiti i različite ili višestruke inteligencije učenika (Gardner, 1983, 1993), pri čemu se mogu razlikovati mnogi aspekti ljudske inteligencije, stilovi učenja, osobnosti i ponašanja. Kako nastava tehnike, osobito u području automatike i robotike može biti visoko apstraktna, nužno je uvažavati posebnosti učenika, odnosno njegove dispozicijske inteligencije, primarno zbog poticanja razvoja koji će ga dovesti do uspjeha. Dakle, konstruktivistički pristup učenju i poučavanju u mnogim aspektima uvažava ovakve dosege, jer polazi od posebnih i jedinstvenih sposobnosti i predispozicija svakog učenika te njegov daljnji razvoj zasniva na takvim posebnostima.

Sam proces učenja, da bi bio učinkovit, se u nastavi tehnike treba zasnivati na stjecanju iskustava samostalnog i samoregulatora rada (aktivnosti) u svrhu razvitka samosvijesti učenika (prema: Purković, 2013). Ako učenje odredimo kao dugoročnu promjenu u mentalnim manifestacijama ili asocijacijama koje su rezultat iskustva (Omrod, 2012), razvidna je uloga iskustva u tom procesu. Takvu vrstu učenja čovjek primjenjuje tijekom cijelog života, kako za vrijeme školovanja, tako i tijekom kasnijeg profesionalnog djelovanja i razvoja.

U tom procesu nastavnik, mentor ili instruktor primarno je pomagač, simplifikator i moderator, koji treba osigurati primjerene uvjete i okruženje za učenje, te voditi učenika do uspjeha. Dakle, riječ je o aktivnom i iskustvenom učenju. Aktivno učenje u osnovi predstavlja proces u kojem učenici moraju raditi više nego slušati: oni moraju čitati, pisati, raspravljati, te što je za nastavu tehnike osobito važno, biti angažirani u rješavanju problema (Chickering i Gamson 1987). Takvo učenje temelji se na osobnom iskustvu s ciljem promjene smjernica učenja primjenom samostalnih tehnika i strategija učenja. Na ovaj način, učenici uče jedni od drugih, te od nastavnika rješavajući stvarne probleme i koristeći vlastito iskustvo. Iskustveno učenje može se zasnivati i na modelu koji je razvio David Kolb (1984), na načelu prema kojemu ideje nisu stabilne ni razmišljanje nepromjenjivo, već na

njihovu formaciju i promjene utječe iskustvo. Riječ je o kontinuiranom procesu u koji svatko može ugraditi svoje zamisli. Učenik kreće u ovakav proces koristeći konkretna iskustva na koja nadograđuje različite perspektive proizašle iz interakcije s ostalim učenicima. Kolbov model, koji objedinjuje općenite vrste učenja i potiče razvoj pojedinca, u osnovi je inspiriran djelima Johna Deweya, Kurta Lewina te teorijama koje je razvio Jean Piaget (prema: Kolb, 1984). Prema teorijama koje iznose tzv. Lewinijanci (Kolb, 1984) najbolja polazišna točka za napredak bilo koje vrste jest vlastito iskustvo, dok se učenje ostvaruje kada se podudaraju razmišljanje i akcija. Ipak, iskustvo nije dovoljno za učenje, o njemu je potrebno razmišljati, a osjećaji i misli koji iz tog razmišljanja proizlaze omogućuju donošenje zaključaka i utvrđivanje održivih koncepata.



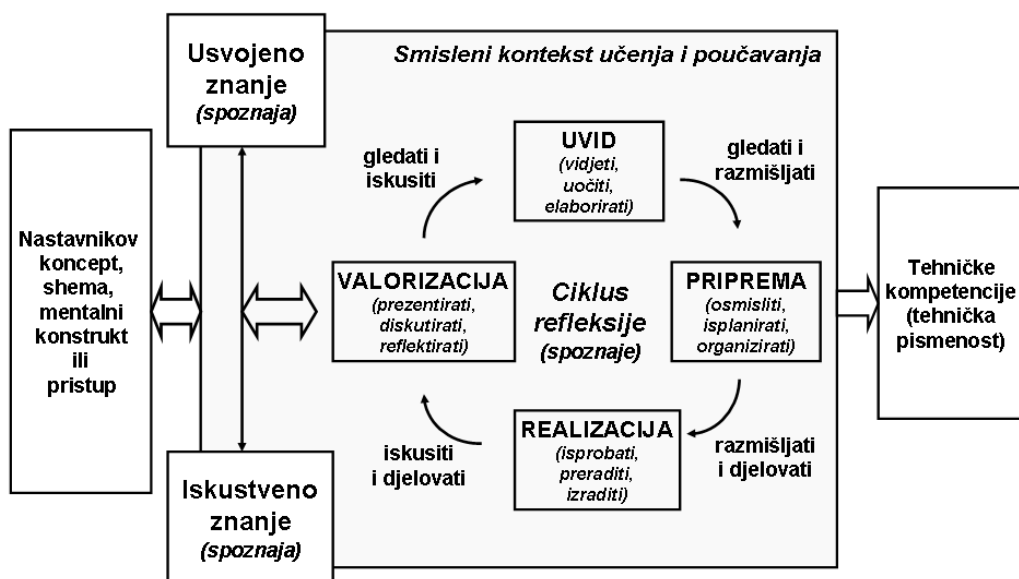
Slika 1. Kolbov model iskustvenog učenja (Kolb, 1984)

Prema Kolbovom mišljenju, učenje je proces u četiri etape kroz koji subjekt, uz pomoć konkretnih i neposrednih iskustava, razmišlja o takvim vlastitim iskustvima, te prelazi na konceptualizaciju apstraktnog s ciljem uopćavanja i stvaranja principa i formiranja teorija koje se kasnije mogu koristiti kao vodič u daljnjem aktivnom prikupljanju iskustva (prema: Kolb, 1984). Rezultat takvog procesa je konkretno, ali i složeno iskustvo. Središnja točka takvog aktivnog iskustvenog učenja je povezanost između akcije i učenja pri čemu nove spoznaje učvršćuju znanje o Svijetu, jednako kao i analiza prošlih događaja. S druge strane, planiraju se budući postupci na temelju takvog učenja.

Idealan proces (slika 1) predstavlja učenje kao ciklus ili spiralu u kojem učenik dotiče sva *polja*. Takav ciklus se sastoji od osjećaja, refleksije, razmišljanja i djelovanja. Konkretno iskustvo je pri tom glavno polazište na koje se nadograđuje novo reflektivno promatranje i odvija apstraktna konceptualizacija, koja potom dovodi do nove aktivnosti kojom se postojeće iskustvo i znanje nadograđuje novim. S obzirom da se sva iskustva u tehničkom području mogu steći putem tehničkog dizajniranja, rješavanja tehničkih problema, sistemskog pristupa tehnici i tehnologiji, stvaranjem tehničkog izuma i/ili inovacije te proizvodnjom tvorevina (prema: Williams, 2000), jasno je kako takva iskustva trebaju biti podloga nastave tehnike. Ipak, proces iskustvenog učenja nije jednostavan ponajprije zbog važnosti i uloge interesa i motivacije učenika za takve aktivnosti. U tom smislu znanstvenici sve češće ističu važnost i ulogu nastavnog konteksta, kao sustava unutarnjih i vanjskih čimbenika i djelovanja koji mogu utjecati na percepciju, razumijevanje i transformaciju u određenoj situaciji, i koji određuju smisao i osjećaj za situaciju kao cjelinu i za komponente te situacije (Verbitsky i Kalashnikov, 2012; Purković, 2015). Drugim riječima, kontekst u kojem se učenje odvija nužno treba davati smisao i značenje sadržaju nastave (Johnson, 2002) iz perspektive učenika. Takvo, kontekstualno učenje uključuje situacijsko iskustveno učenje u autentičnom

kontekstu, te oblikovanje kognitivne fleksibilnosti koja će omogućiti učenicima da se bave složenošću stvarnog svijeta i mnogim nedostatno strukturiranim područjima znanja (Spiro i sur., 1991). Proces ovakvog učenja možda najbolje može dočarati model kontekstualnog učenja i razvoja učenika u nastavi tehničke kulture (slika 2). Ovaj model uvažava ciklus iskustvenog učenja, ali ističe važnost učenja i poučavanja u smislenom nastavnom kontekstu, te ulogu i značaj nastavnika u tom procesu.

Prema prikazanom modelu razvoj tehničkih kompetencija učenika uvijek je moderiran pristupom nastavnika, odnosno njegovim konceptom, scenarijem ili mentalnim konstruktom. Nastavnik stoga treba upoznati učenikovo postojeće znanje i iskustvo, koje može biti produkt školovanja, društvenog konteksta, kulturoloških posebnosti, sklonosti i interesa. Ove spoznaje čine polazište za osmišljavanje i priređivanje smislenog nastavnog konteksta. Proces kontekstualnog učenja odvija se tijekom ciklusa refleksije ili spoznaje, koji treba započeti uvidom u tehnologiju, odnosno tehničko-tehnološku, proizvodno-ekonomsku, radno-socijalnu stvarnost. Tek na temelju uvida moguće je učenikovo vlastito tumačenje stvarnosti, koje treba biti popraćeno bogatim kontekstualnim materijalima (kontekstualizacijom), te vođeno kognitivnim naukovanjem učitelja u svrhu pomoći i olakšavanja takvog tumačenja i konstruiranja znanja (prema: Black i McClintock, 1995). Proces se dalje nastavlja složenim pripremanjem tj. suradničkim osmišljavanjem, planiranjem i organizacijom aktivnosti. Ipak, u ovoj etapi učenici mogu steći samo deklarativnu, te dijelom konceptualnu razinu znanja. Tek aktivnošću (djelovanjem) učenici stječu iskustvo relevantno za razvoj proceduralnih znanja, ali i potrebu za višestrukim tumačenjima različitih rješenja tehničkog problema, posla ili zadaće (prema: Purković, 2016). Tijekom procesa rješavanja konkretnih problema ili zadaća učenici uče i razumijevaju različite putove u kojima do izražaja dolaze opća načela pozadine onoga što rade (Black i McClintock, 1995).



Slika 2. Model kontekstualnog učenja i razvoja učenika (Purković, 2016)

U ovoj etapi kontekstualnog učenja do izražaja dolazi učenje kroz *akciju* (djelovanje), učenje u situaciji, ali i neintencionalno ili slučajno učenje kao spontano djelovanje ili transakcija, namjera kojoj je zadaća postignuće, ali koja *sretnim slučajem* povećava određene vještine, znanja i razumijevanje, i to: učenjem iz pogrešaka, učenjem kroz rad, učenjem kroz umrežavanje, te učenjem iz niza međusobnih eksperimenata (prema: Lankard, 1995). Zbog potrebe promišljanja stečenog iskustva i sistematiziranja vlastitih spoznaja, neizostavnu etapu kontekstualnog učenja u tehničkom odgoju i obrazovanju čini valorizacija aktivnosti i refleksija vlastitog rada učenika. Tijekom ove etape učenici trebaju prezentirati vlastite rezultate i/ili proizvode, provesti diskusiju i analizu tijeka rada i promjena koje je taj rad izazvao na njima, kao refleksiju učinka aktivnosti na njihov razvoj. Tijekom prezentacije i diskusije, koja se odvija timski ili skupno, učenici su izloženi višestrukim tumačenjima i višestrukim manifestacijama koje povećavaju njihovu kognitivnu fleksibilnost, što potiče razvoj samosvijesti o vlastitim sposobnostima i mogućnostima, kao važnog dijela metakognitivnih vještina (Purković, 2016). U ovoj

etapi se ujedno odvija i autentična procjena postignuća, odnosno evaluacija rezultata aktivnosti, ali i postignuća iskazanih tijekom prezentacije vlastitoga rada. Prezentacijom i refleksijom vlastite aktivnosti učenici proširuju spoznaje o tehničko-tehnološkoj stvarnosti, ali i vlastitim mogućnostima, čime započinje novi ciklus refleksije koji bi trebao rezultirati višom razinom postignuća učenika. Kao nastavne pristupe koji će osigurati ovakvo učenje Purković i Bezjak (2015) izdvajaju: a) projektnu nastavu i učenje; b) aktivnosti u učeničkim zadrugama, kampovima, vrtovima i radionicama; c) stručne ekskurzije; d) problemsku nastavu; e) usidreno učenje i nastavu; te f) izolirane praktične aktivnosti koje se primjenjuju na početnoj razini učenja, samo u svrhu adaptacije i pripremanja učenika za realizaciju složenijih aktivnosti. Predočena teorijska polazišta, modeli učenja te nastavne strategije i pristupi primjereni učenju tehnike uvelike determiniraju mikrostrukturu kurikuluma svake nastave tehnike, pa tako i nastave robotike. Ipak, zbog rasta i dinamike razvoja tehničkih spoznaja, izbor i strukturiranje sadržaja nastave nije jednostavno. Stoga se razvoj kurikuluma nastave tehnike treba zasnivati na

odgovarajućim načelima, primjerenoj konceptualizaciji, suvremenim pristupima operacionalizacije, te primjerenom načinu organizacije nastave tehnike u kurikulumu općeg obrazovanja određene zemlje. Ujedno treba slijediti metodologiju koja će omogućiti dinamičko usklađivanje i valorizaciju kurikuluma.

3.1. Načela i konceptualizacija kurikuluma nastave tehnike

Kurikulum, kurikulum ili nastavni uputnik možemo promatrati kao sustav metodološki precizno odabranih, strukturiranih i metodički oblikovanih sadržaja i pedagoških aktivnosti školovanja određen svrhom, vrstom, oblikom i razinom škole za koju je izrađen (Milat, 2005). Ipak, određenje ne ukazuje na načela, posebnosti i pristupe konceptualizaciji i razvoju kurikuluma nastave tehnike, osobito kad su u pitanju suvremeni tehničko-tehnološki sadržaji poput automatike i robotike. Barlex (2015) stoga predviđa jasna načela kojima se treba voditi pri izradi svakog kurikuluma nastave tehnike. U tu svrhu on identificira tri ključna proceduralna načela (prema: Barlex, 2015):

1. **Kurikulum treba biti usklađen sa samom prirodom tehnike** – kako bi se sadržaji i aktivnosti jasno razlikovali od onih u drugim predmetima i područjima, ali i omogućavali povezanost s tim područjima. Kurikulum tehnike treba biti u suglasju s temeljnim polazištima tehnike. Ova polazišta uključuju *ideje o tehnicima* (Barlex, 2015): a) korištenjem tehnike ljudi razvijaju tehnologije i proizvode kojima interveniraju u prirodnim i umjetnim svjetovima; b) tehnika koristi znanja, vještine i razumijevanje iz širokog spektra izvora, osobito, ali ne i isključivo, iz prirodnoznosti i matematike; c) uvijek postoje mnoga moguća i valjana rješenja tehničko-tehnoloških izazova i razvoja proizvoda, od kojih će pojedina biti bolja od drugih; d) vrijednost tehnologija i proizvoda koje su razvili ljudi stvar je prosuđivanja; e) tehnologije i proizvodi uvijek imaju neželjene posljedice izvan predviđene

koristi koje ne mogu u potpunosti predvidjeti oni koji ih razvijaju.

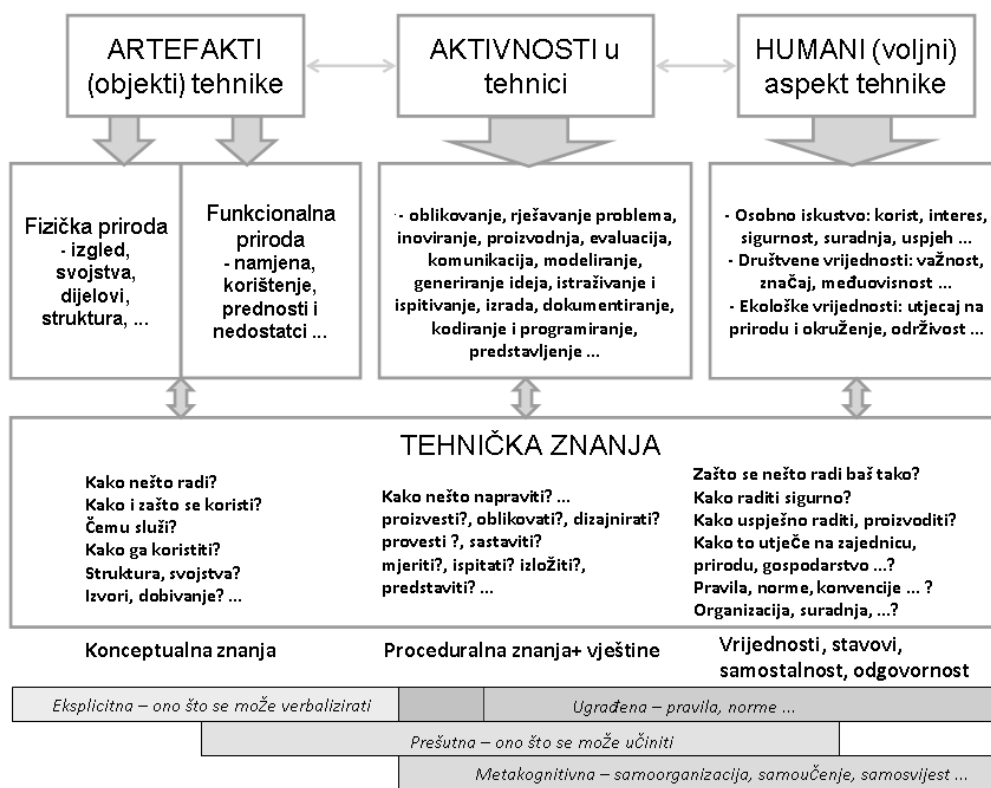
2. **Kurikulum treba podržavati razvojne perspektive tehnike** – tijekom provedbe kurikuluma nastave tehnike važno je da učenici razvijaju odnos ili gledište koje će im omogućiti sagledavanje sadašnjeg i budućeg korištenja tehnike i tehnologije. Takav pogled treba se razvijati raspravama i razmišljanjima, ali i osmišljavanjem vlastitih koncepata mogućih primjena. Stoga takve aktivnosti nužno treba uključiti u kurikulum nastave tehnike. Važna obilježja koja podržavaju ovakav pristup uključuju sljedeće: a) kurikulumom treba omogućiti *održavanje koraka* s tehnološkim razvojem i inovacijama u svijetu izvan škole; b) učenici trebaju moći sami odabrati koje nove tehnologije žele razmatrati; i c) učenike treba poticati na aktivno *nagađanje* o načinima primjene novih tehnologija u *alternativnim tehničko-tehnološkim budućnostima* (prema: Barlex, 2015). Upravo sadržaji automatike i robotike mogu učenicima osigurati sagledavanje razvojnih perspektiva tehnike u budućnosti.
3. **Kurikulum treba osigurati razvoj tehničkih sposobnosti** – svaki kurikulum nastave tehnike učenicima treba omogućiti doživljaj stvaranja proizvoda i tehnologije, a ne samo učenje i poučavanje takvih sadržaja. Pri tom se podrazumijeva da će učenici osmišljavati i proizvoditi različite produkte vlastitih aktivnosti, te predviđati njihove posljedice. U tome je i glavna razlika između prirodnih znanosti i tehnike. Naime, dok prirodna znanost započinje s fizičkim sustavom i kreće ka apstraktnom teorijskom modelu, inženjerstvo (tehnika) počinje s apstraktnim modelom (konceptom ili dizajnom) i kreće ka fizičkom sustavu, odnosno, korisnom proizvodu (prema: Drexler, 2013). Uz izradu proizvoda, aktivnosti uključuju i učeničko odlučivanje o ključnim područjima dizajna: a) konceptualno - *svrha dizajna i vrsta proizvoda?*; b) tehničko - *kako će funkcionirati proizvod ili koncept?*; c) estetsko - *kako će to izgledati?*; d) konstrukcijsko - *kako će se sastaviti?*; i e) marketinško - *komu je*

namijenjeno?, kako će se koristiti?, kako se može prodati? (prema: Barlex, 2015).

Iz navedenih načela se jasno uočava kako tijekom realizacije kurikulumu nastave tehnike, pa tako i robotike, učenicima treba biti jasno što uče i zbog čega je to važno. To što uče treba biti u skladu s vremenom i svijetom u kojem žive, dok se proces učenja i poučavanja treba zasnivati na konkretnim, praktičnim aktivnostima. Ipak, kurikulum treba koncipirati na određeni način, zbog čega je potrebno odabrati primjereni pristup za konceptualizaciju koji će nastavniku olakšati operacionalizaciju takvog kurikulumu.

Pristup konceptualizaciji kurikulumu može predstavljati njegovu metaorijentaciju, odnosno, obrazovnu filozofiju, dominantnu psihologiju učenja i poučavanja, uvažavanje socijalnog konteksta, ali i teorijska i praktična načela razvoja kurikulumu (prema: Domović, 2009). U nastavi tehničkog područja još uvijek dominira tehničko-znanstveni, odnosno, bihevioralni pristup koji se zasniva na znanstveno i stručno utemeljenim logičkim modelima i strategijama korak po korak, usmjerenih na precizno izražene ciljeve školovanja (Ornstein i Hunkins, 2009). Ovakav pristup je u nastavi tehnike odraz tradicionalne, sadržajne konceptualizacije tehničkih spoznaja. Suvremeni tzv. netehnički pristupi, među kojima je i humanistički, naglašavaju važnost iskustva, suradničkog učenja i područja interesa pojedinca te su više u suglasju sa suvremenim konstruktivističkim pristupom učenju i poučavanju (Purković, 2013). Zbog dinamike razvoja tehnike i tehničko-proizvodnog okruženja, tradicionalni pristup, kao produkt inženjerske filozofije tehnike, danas više no ikad, treba dograditi s humanističkim pristupom i tzv. humanističkom filozofijom tehnike. Naime, tehničke, kao uostalom ni druge spoznaje, ne mogu se promatrati izvan konteksta čovjeka i njegova voljnog aspekta. Mitcham (1994) voljni aspekt smatra važnom manifestacijom (pojavnim oblikom) tehnike. Prema njemu se tehnika manifestira putem objekata tehnike, aktivnosti u tehnici, te putem znanja i volje koji su isključivo dio humanog aspekta tehnike. Iz ovakve

konceptualizacije tehničkih spoznaja Purković (2018) izvodi konceptualni okvir kurikulumu svake nastave tehnike (slika 3). Prema ovom okviru proces učenja tehnike najčešće započinje uvidom i eksperimentiranjem s objektima (artefaktima) tehnike s kojima učenici realiziraju različite smislene aktivnosti. Aktivnosti čine osnovu za razvoj pojedinca, a najčešće se odnose na primjenu procesa, procedura, postupaka izrade, metoda itd. Pri tom je potrebno uvažiti humani (voljni) aspekt, zbog čega takve aktivnosti trebaju za učenika imati smisao i značenje (trebaju se odvijati u primjerenom nastavnom kontekstu). Takvim smislenim aktivnostima učenik treba steći uvid u to kako tehnologija oblikuje i utječe na njega osobno, na druge ljude, te na kulturu, društvo i prirodu. O tako stečenom iskustvu učenici trebaju razmišljati, razgovarati, komunicirati, razmjenjivati ideje, dijeliti informacije, čime se sistematiziraju (koncipiraju) stečena znanja u svijesti učenika. Sve navedeno, od aktivnosti s artefaktima do komunikacije, organizacije, suradnje u osnovi predstavlja složeni sustav tehničkih (tehnoloških) znanja. Sistematizacijom znanja o artefaktima te dijelom iz aktivnosti, učenik može doći do konceptualne dimenzije znanja, što se često svodi na eksplicitno znanje. Uspješnom realizacijom aktivnosti s artefaktima tehnike, pri čemu se primjenjuju pravila i norme te se komunicira i surađuje s drugim sudionicima u nastavi, učenik usvaja proceduralna znanja. Ovo je ujedno jedini put razvoja prijeko potrebnih metakognitivnih vještina u tehničkom i inženjerskom obrazovanju. Ovako stečeno znanje se većim dijelom smatra prešutnim znanjem, iako se pritom usvajaju i tzv. ugrađena znanja (Purković, 2018). Razmjenom iskustava, iznošenjem stavova, prezentacijom rezultata, refleksijom aktivnosti, komunikacijom i suradnjom sa stvarnim svijetom i sl., učenik usvaja sustav vrijednosti, razvija utemeljene stavove te postaje neovisan i odgovoran. Dakle, tek na temelju vlastitih iskustava s tehnikom i drugim sudionicima, učenik uz pomoć nastavnika postavlja stečene spoznaje u određeni sustav, otkriva vlastite sklonosti i mogućnosti i razvija se u skladu s tim.



Slika 3. Konceptualni okvir kurikuluma nastave tehnike (Purković, 2018)

Ovakav konceptualni okvir dovoljno je otvoren i prilagodljiv za različite načine operacionalizacije nastave tehnike, jer se daljnja razrada i razvoj kurikuluma mogu razmatrati i iz raznih drugih aspekata. Ovi aspekti se mogu odnositi na centraliziranost, dubinu i opseg razrade sadržaja i aktivnosti, otvorenost kurikuluma, ali i na pedagoške paradigme razvoja kurikuluma. Dok paradigma deduktivnog programiranja polazi od općih životnih, nacionalnih i civilizacijskih vrijednosti i primjenjiva je u općem tehničkom obrazovanju, paradigma induktivnog programiranja polazi od poslova određenog zanimanja i primjenjiva je na strukovno i profesionalno obrazovanje (Milat, 2005). Po pitanju otvorenosti, kurikulum koji pruža mogućnost uvođenja nužnih promjena tijekom izvođenja nastave se smatra otvorenim, dok je kurikulum kod kojeg je sve unaprijed određeno

zatvoreni kurikulum. Otvoreni kurikulum karakterizira fleksibilnost metodologije izrade i okvirnost uputa koje dopuštaju kreativnost i stvaralaštvo učenika i nastavnika i promjene u tijeku izvedbe (Previšić, 2007). Predloženim konceptualnim okvirom se ne prejudiciraju daljnji aspekti operacionalizacije kurikuluma, iako je razvidno da uvažavanje humanističke filozofije tehnike pretpostavlja visoku razinu otvorenosti operativnog kurikuluma. Stoga se ovdje objekti (artefakti) tehnike, aktivnosti u tehnici, tehnička (tehnoška) znanja i humani (voljni) aspekt tehnike mogu smatrati određenim makro-konceptima kurikuluma nastave tehnike. Izbor prikladnih artefakata (objekata) tehnike i aktivnosti s artefaktima, koje će za učenike biti smislene i značajne, determinira i sustav spoznaja koje učenici trebaju steći. To čini osnovicu za daljnju razradu kurikuluma nastave tehnike.

4. Automatika i robotika u općem odgoju i obrazovanju

Robotika se smatra granom inženjerske znanosti i tehnologije robota, pri čemu se tehnologija robota odnosi na dizajn (oblikovanje, konstruiranje i projektiranje), proizvodnju i primjenu robota. Robotika objedinjuje mehaniku, elektroniku, računalstvo i informacijske sustave, ali i automatiku, kao područje u čijem okrilju se robotika razvija. Naime, automatika se može poučavati bez robotike, ali robotika se ne može poučavati bez automatike. Automatika se bavi načelima i teorijom automatskih kontrolnih sustava i uređaja koji izvršavaju zadatke bez neposrednog djelovanja čovjeka. U današnjoj svakodnevici, ljudi su sve više okruženi automatskim sustavima i robotima. Glavni razlozi uvođenja robotike kao predmeta u opće obrazovanje povezani su s lakšim i jednostavnijim korištenjem robota, usvajanjem znanja o načelima rada robotskih naprava, te s osposobljavanjem učenika da kritički promatraju i manipuliraju s automatiziranim uređajima s ciljem njihove nadogradnje i poboljšanja. U konačnici, svrha nastave robotike je razvijati tehničko stvaralaštvo kod učenika putem stvaranja novih, učinkovitijih i ekološki prihvatljivijih automatiziranih tehničkih tvorevina. Dakle, primarni ciljevi ovakve nastave usmjereni su razvoju spoznajnih vještina, odnosno, kognitivnih mehanizama učenika za uspješno rješavanje tehničkih problema. Ipak, iz predloženih teorijskih polazišta je razvidno kako se takvi mehanizmi mogu razvijati samo neizravno, putem smislenih praktičnih aktivnosti koje trebaju uvažiti postojeće razvojne mogućnosti učenika.

Aktualno stanje u poučavanju robotike u osnovnim školama, iako intenzivno u mnogim školama, ne može se smatrati zadovoljavajućim. Glavni razlog su prevelike razlike između škola, pri čemu su pojedne škole primjereno opremljene edukacijskim kompletima, računalima i generiraju više skupina učenika za natjecanja u robotici. S druge strane učenici iste dobi u nekoj drugoj sredini nemaju niti minimalne mogućnosti za

učenje robotike ili automatike. Usklađivanje takvih razlika osnovni je materijalni preduvjet za eventualno uvođenje robotike kao izbornog predmeta u osnovnoj školi. Trenutno se nastava robotike izvodi kao aktivnost klubova mladih tehničara, koje osnivaju nastavnici tehničke kulture, ali i kao aktivnost koju pod ovim nazivom provode nastavnici informatike. Ovdje valja napraviti važnu distinkciju između korištenja edukacijskih robotskih naprava za učenje programiranja, čime se bave nastavnici informatike, od učenja robotike, čime se bave nastavnici tehničke kulture. Naime, robotika nije sinonim za informatiku i programiranje, zbog čega je potpuno neprimjereno nazivati robotikom aktivnosti čiji je cilj usmjeren isključivo učenju programiranja. Stoga je nastava robotike najčešće prepuštena entuzijastima iz tehničkog područja nastave, jer osnivanje kluba uvelike ovisi o kompetencijama i motiviranosti samog nastavnika, ali i školskom i izvanškolskom okruženju. Koncept izborne nastave tehničke kulture, koji bi ovoj nastavi dao legitimitet u obrazovnom sustavu, nije usvojen, usprkos brojnim pokušajima. Uopćeno govoreći, izborna nastava je koncipirana tako da učenik, na početku školske godine, izabere određeni predmet koji škola nudi, koji potom postane obavezan i ravnopravan svim ostalim predmetima u toj školskoj godini, te se ocjenjuje i utječe na konačni uspjeh.

Druge mogućnosti kojima se trenutno uspješno realizira nastava robotike obuhvaćaju različite izvanškolske aktivnosti. Ove aktivnosti provode se u organizaciji različitih udruga koje djeluju pod okriljem Hrvatske zajednice tehničke kulture, ali i putem privatnih inicijativa i radionica, ljetnih škola, kampova i sl. Takva nastava obuhvaća kraće, jednodnevne radionice, ali i tečajeve od nekoliko mjeseci pohađanja predavanja i radionica. U većini slučajeva izvanškolske aktivnosti se realiziraju kao dio komercijalnih aktivnosti, te se naplaćuju polaznicima ili su na druge načine u osnovi komercijalne. Bez obzira na način realizacije, aktualnu nastavu ili radionice iz robotike realiziraju entuzijasti, često koristeći vlastita sredstva i sponzore koje su svojim umijećem

angažirali. Osim toga u velikom dijelu škola se ovakve aktivnosti ne provode zbog nedostatnih kompetencija i/ili motiviranosti nastavnika tehničke kulture, ali i visokih troškova potrebnih za nabavu i održavanje edukacijskih robotskih sredstava i sustava.

4.1. Konstruktivistička operacionalizacija kurikuluma nastave robotike

Automatika, kao temelj robotike, u sebi integrira široku paletu znanja iz tehničkih i drugih područja zbog čega je važna za razumijevanje suvremene tehnike te je danas vrlo perspektivno područje edukacije tehnike. Automatika tako obuhvaća znanja iz elektrotehnike, elektronike, mehanike, primijenjene informatike i matematike, zbog čega je posebno pogodna za rad s nadarenom djecom. Ovo područje stoga može biti vrlo izazovno, ali i kognitivno zahtjevno za učenike, pa nastavnik treba osobitu pažnju posvetiti konstruktivističkim smjernicama kojima bi se trebala voditi ovakva nastava.

Kako je razrada kurikuluma nastave robotike u ovom radu predviđena za provedbu u osnovnoj školi, koju pohađaju učenici različitih sklonosti, interesa i mogućnosti, polazišta socijalnog konstruktivizam se trebaju uzeti kao prioritetna za njihov razvoj. Ovaj pristup podrazumijeva socijalno pregovaranje oko rješenja problema ili kakvoće uratka, te se predlaže kao pravac ili polazište za ovu razinu edukacije. S obzirom na posebnosti tehnike, u kojoj često nema puno prostora za socijalno pregovaranje, u obzir treba uzeti i načela kognitivnog konstruktivizma prema kojima pojedinac izgrađuje jedinstveni mentalni model na temelju različitih iskustava, ali koji vode istim ili sličnim rješenjima i konačnim spoznajama (Purković, 2013). Temeljna smjernica konstruktivističkog pristupa kaže da stvaranje znanja započinje postojećim znanjem i njegovom dekonstrukcijom, rekonstrukcijom, konstrukcijom i nadogradnjom. Da bi stvaranje znanja bilo provedivo, nastavnik mora steći uvid u osobine i mogućnosti učenika, individualne posebnosti, predznanje, očekivanja, ali i uvjete i kulturološke posebnosti u kojima učenici i njihove obitelji žive (Purković, 2015). Ovo se može smatrati prvom

fazom pri operacionalizaciji kurikuluma. Kako bi se ubrzalo upoznavanje učenika može se provesti anketa s ciljem uvida u poznavanje sadržaja, interesa za područje, težnje i želje učenika. Anketa nastavniku može poslužiti kao vodič za izbor aktivnosti, osmišljavanje materijala i razradu mogućih individualiziranih sadržaja i aktivnosti. Osim učenika, nastavnik mora upoznati okruženje za učenje, poput materijalno-tehničkih uvjeta škole, školskih posebnosti, te ozračja. Aktivnosti potom treba uskladiti s ciljevima nastave i prilagoditi okruženju kako bi ono postalo dijelom konteksta nastave. Prva faza operacionalizacije kurikuluma treba rezultirati okvirnim planom aktivnosti učenika.

U drugoj fazi operacionalizacije kurikuluma odvija se temeljna metodička razrada svake planirane aktivnosti. Svaku aktivnost nastavnik treba simulirati kako bi utvrdio posebnosti takve aktivnosti (vremensko trajanje, preduvjeti za realizaciju, nužni materijali za učenje i poučavanje, potrebna predznanja i vještine učenika). Cilj razrade pojedine aktivnosti je formirati izvedbeni plan aktivnosti, odnosno vremenski raspored aktivnosti tijekom školske godine. Ujedno se detaljno razrađuje i predviđa mogući scenarij svake aktivnosti, instrumenti za formativnu evaluaciju postignuća, konkretni sadržaji (kontekstualizacija) zasnovani na dostupnim i/ili razrađenim sredstvima i izvorima, završne aktivnosti potrebne za provedbu sumativne evaluaciju i refleksije te metodologija revizije i eventualne dorade izvedenog kurikuluma. Aktivnosti se modeliraju tako da njihova uspješna provedba osigura ostvarivanje predviđenih ciljeva nastave. Iako ciljevi nastave i ishodi učenja primarno proizlaze iz znanstveno-tehničke, a ne humanističke paradigme razvoja kurikuluma, neizostavan su segment svakog kurikuluma. Naime, svaka čovjekova aktivnost se odvija s određenim ciljem, pa tako i nastava, zbog čega je važno pratiti i mjeriti ostvarivanje ciljeva aktivnosti. Ujedno nam je razina jasnoće operacionalizacije ciljeva nastave proporcionalna s jasnoćom aktivnosti koje učenici trebaju provesti u nastavi kako bi se takvi ciljevi ostvarili. S obzirom na to da ciljevi nastave predstavljaju očekivane ili projektirane kompetencije učenika

nakon nastave, zbog čega su često uopćeni, u kurikulumu se izvodi operacionalizacija svakog cilja. To pretpostavlja razradu jasnih i konkretnih očekivanja od učenika, odnosno, ishoda učenja. Ishodima se jasno treba navesti što će to učenik moći verbalizirati ili učiniti, s kojom kakvoćom i u kojim uvjetima. Jasno razrađeni ishodi učenja uvelike olakšavaju nastavniku projekciju tijekom aktivnosti, odnosno moguće zadaće koje učenik treba obaviti u svrhu ostvarivanja ciljeva nastave. Osmišljavanje i dimenzioniranje aktivnosti te njihova organizacija i kontekstualizacija važan su dio pripremanja nastavnika za realizaciju vlastite nastave. Uz sve navedeno, aktivnosti moraju biti prilagođene dobi i mogućnostima učenika te vođene načelom postupnosti i sistematičnosti. Konceptualni okvir kurikuluma nam pri tom služi kao korektiv pri dimenzioniranju opsega i dubine sadržaja nastave. Ipak, osmišljene aktivnosti i zadaci podložni su dinamičkim promjenama, jer se jedino u stvarnoj nastavnoj situaciji mogu uočiti nedostaci, a tijekom aktivnosti je često uvjetovan dinamikom napredovanja učenika ili drugim objektivnim okolnostima. Osim samih aktivnosti i zadataka, u ovoj fazi nastavnik treba osmisлити i instrumente za evaluaciju, koji mu primarno služe kao povratna informacija o napredovanju učenika, ali i kao osnova za daljnje usmjeravanje učenika i dinamičku prilagodbu kurikuluma. Nakon detaljno razrađenih aktivnosti nastavnik može valjano obaviti sadržajno planiranje i programiranje nastave. Planiranje i programiranje nastave se odnosi na izradu i pripremu svih sadržaja i materijala za učenje i poučavanje koji čine dio konteksta nastave, ali i na uobičajene poslove izrade operativnog plana i programa nastave, kao sastavnog dijela izvedenog kurikuluma. Takav nastavni plan i program se treba oslanjati na plan razrađenih aktivnosti. To je ujedno i dokument koji razrađene aktivnosti usklađuje s ograničenjima razredno-predmetno-satnog sustava i uvjetima u školi, te zbog toga ne može postati predložak nekom drugom nastavniku za izvođenje nastave. Sadržaje za provedbu aktivnosti nastavnik mora unaprijed razraditi i pripremiti sve materijale za realizaciju nastave. To se odnosi na materijale za učenje (konstruiranje znanja), tehničku dokumentaciju za

realizaciju praktičnih vježbi, te sva nastavna sredstva, pomagala i druge materijale za provedbu planiranih aktivnosti.

Zahtjevan središnji dio operacionalizacije kurikuluma odnosi se na provedbu aktivnosti, koje se trebaju temeljiti na prethodno iznesenom konstruktivističkom načelu spoznavanja putem smislenih aktivnosti. Takve aktivnosti se trebaju voditi metodičkim smjernicama i kriterijima razrade i realizacije aktivnosti u nastavi tehnike. Pri tom nastavnikovo poučavanje tehničko-tehnoloških sadržaja posreduje pri razvoju vještina. U tom smislu nastavnik obavlja vođenje i modeliranje učenja, provodi izravno poučavanje (*instruktažu*) i kognitivno naukovanje, priređuje kontekstualizaciju sadržaja, te osigurava uvjete za suradnički rad učenika. Dakle, samo poučavanje ne vodi usvajanju znanja i vještina, već ka tome vodi učenikova aktivnost. Stoga je pri razvoju kurikuluma važno navesti glavne smjernice i kriterije za realizaciju specifičnih aktivnosti u nastavi tehnike. Visoku važnost pri realizaciji aktivnosti ima motivacija učenika, zbog čega je potrebno učenike „pridobiti“ za voljno i aktivno sudjelovanje u nastavi. Jasna svrhovitost i smislenost aktivnosti iz perspektive učenika je najbolji način za to. Tako se ujedno osigurava i prvi kriterij, a to je *adaptacijska korisnost*, koja se postiže svakom aktivnošću koja učenika osposobljava za prilagođavanje i snalaženje u postojećem životnom i tehničko-tehnološkom okružju. Aktivnosti ujedno trebaju biti u funkciji razvoja spoznajnih tehničkih vještina i radno-integrirajuće kulture. Danas su zanimanja u tehnici i proizvodnji uglavnom oslonjena na spoznajne vještine, a sve manje na psihomotorne. Ipak, u tehnici su psihomotorne aktivnosti nužni preduvjet za razvoj spoznajnih vještina. Jedino takve aktivnosti mogu udovoljiti drugom kriteriju, a to je ostvarivanje *anticipacijske korisnosti*. Udobljavanje ovom kriteriju znači da učenika treba osposobiti za uspješno predviđanje posljedica vlastite aktivnosti, te za snalaženje u novim i nepoznatim okolnostima. Stoga, nakon početnog učenja, aktivnosti trebaju biti usmjerene razvoju vještina samoreguliranog učenja i snalaženja u različitim okolnostima, što u konačnici doprinosi razvoju poželjnih

metakognitivnih vještina učenika. Kriterij *transferabilnosti* govori kako svaka aktivnost u tehnici, koju nastavnik osmišljava i metodički razrađuje, treba biti primjenjiva u životnom ili tehničko-proizvodnom okružju. Tako stečena znanja i vještine se trebaju moći primijeniti u nekom stvarnom poslu ili životnoj situaciji. Provedbom aktivnosti koje udovoljavaju kriterijima anticipacijske korisnosti i transferabilnosti učenici razvijaju socijalne i psihomotorne vještine, tehničku logiku i usvajaju vrijednosti radnog odgoja (radnointegrirajuće kulture), poput samostalnosti, odgovornosti te pravila i normi ponašanja (Purković, 2013).

U kontekstu konstruktivističkog pristupa razvoju kurikulumu, evaluacija postignuća učenika u osnovi predstavlja formativnu procjenu znanja i vještina, primarno usmjerenu uspješnosti u sljedećoj aktivnosti. Ovo stajalište se oslanja na konstruktivističku smjernicu koja kaže da se učenik bez teškoća mora nositi sa skupom trenutno usvojenih znanja i vještina (Doolittle i Camp, 2009; Purković, 2013). Znanja koja se mogu primijeniti i imaju dimenziju proceduralnog znanja su valjana i trajna, te se zbog toga ne provodi evaluacija poznavanja odnosno memoriranje sadržaja povezanog s prethodnom aktivnošću. Dio znanja ipak treba naučiti i memorirati zbog čega pri formativnoj evaluaciji dio takvih znanja treba propustiti do sumativne evaluacije. Bitno je naglasiti i inzistirati na izvrsnosti i uspješnosti provedbe aktivnosti. Evaluacijom se procjenjuje razina usvojenosti predviđena *ciljevima učenja*, odnosno ono što je predviđeno razrađenim ishodima učenja. Iako postoje različite taksonomije za razradu postignuća, odnosno ishoda učenja, u tehničkom području nastave je trenutno aktualna tzv. revidirana Bloomova taksonomija koju su razvili Anderson i Krathwohl (2001) za spoznajno područje, dok se za psihomotorno područje primjenjuje taksonomija koju je predložio Dave (1975). U skladu s predviđenim ishodima nastavnik je dužan za svaku aktivnost odabrati elemente vrednovanja, razraditi jasne kriterije, te izraditi valjane evaluacijske instrumente. Evaluaciju treba provoditi tijekom i na svršetku aktivnosti, a temeljiti je na Glasserovom modelu postizanja

školskog uspjeha (Glasser, 2001) koji se zasniva na tome da se učenik ne ocjenjuje sve dok nije postigao željenu izvrsnost. Ishode formativne evaluacije treba ugraditi i u sumativnu evaluaciju na kraju nastave. Sumativna evaluacija učenčkih postignuća, te analiza i revizija izvedenog kurikulumu spadaju pod završne aktivnosti operacionalizacije kurikulumu. Nastavnik treba osmisлити instrument za provedbu sumativne evaluacije. Taj instrument nastaje na temelju izdvojenih elemenata pri formativnoj provjeri postignuća i treba ga usmjeriti evaluaciji primijenjenih proceduralnih znanja i spoznajnih vještina. Evaluacija postignuća svakako treba sadržavati dobro pripremljenu i validiranu pismenu provjeru znanja, ali i načine i postupke tzv. autentične evaluacije postignuća. Autentična evaluacija se odnosi na procjenu stvarnih radova učenika (sklopovlje, programi, e-portfelj), ali i načina na koji su učenici predstavili vlastita rješenja i uratke. Svrha je pružiti učenicima i nastavniku završnu povratnu informaciju o uspješnosti nastave. Analiza i revizija kurikulumu, također su bitni elementi ovakvog modela operacionalizacije, jer o njima ovisi održavanje potrebne razine kakvoće nastave. Nastavnik tijekom i nakon realizacije aktivnosti treba voditi zabilježke o uspješnosti, zainteresiranosti, atraktivnosti, nedostacima, izvedivosti, kakvoći materijala, te o rezultatima formativne provjere postignuća kako bi te zabilježke i napomene mogao revizijom promijeniti u planu i programu.

Trenutni ustroj školstva vrlo je restriktivan prema izbornim programima Tehničke kulture, poput robotike i automatike. Da bi se konstruktivistički pristup nastavi mogao provoditi i u izbornim programima, školski sustav bi modularno i liberalnije trebao moći ustrojiti ovaj dio edukacije. Ovakav pristup edukaciji tehnike nastao je zbog neučinkovitosti tradicionalne nastave i nemogućnosti iste da odgovori izazovima svijeta rada. Nastava Tehničke kulture, kao i moguće izborne *inkarnacije* ove nastave, trebala bi biti *zamašnjak* koji će izvrsne učenike potaknuti na inovativnost i daljnji razvoj u ovom području. Obrazovni sustav bi stoga trebao darovitim, zainteresiranim i inventivnim učenicima pružiti mogućnost izbora različitih

programa za uspješno i inovativno djelovanje, kako bi se u budućnosti mogli uspješno snalaziti i razvijati u svijetu rada i poduzetništva.

4.2. Projektna nastava kao osnovica aktivnosti u nastavi robotike

Iz perspektive didaktike pojam *projekt* je možda najprihvatljivije odrediti kao svaki zaokruženi, cjelovit i složen pothvat čija se obilježja i cilj mogu definirati, a mora se ostvariti u određenom vremenu te zahtijeva koordinirane napore nekoliko ili većeg broja ljudi, služba, ustanova i sl. (prema: Matijević, 2004). Projektna nastava je složeni postupak koji polazi od određenog plana i usmjerena je ostvarivanju ciljeva u kojem su učenici glavni akteri, od razrade ideje do predstavljanja rezultata. Dakle, projekt i projektna nastava nisu istoznačnice, iako metodološki mogu dijeliti istu ili sličnu strukturu. Postoji više klasifikacija nastavnih projekata. S obzirom na broj sudionika, projekti mogu biti individualni, tandemski, skupni, razredni, školski. S obzirom na područje razvoja projekti se mogu odnositi na kognitivni, afektivni ili psihomotorni razvoj. S obzirom na ciljeve projekti su istraživački, humanitarni, ekološki, suradnički, praktični ili umjetnički. Projekti se razlikuju i po trajanju, pa prema toj klasifikaciji mogu biti poludnevni, cjelodnevni, tjedni, mjesečni, polugodišnji, godišnji ili višegodišnji. Projekti s obzirom na povezanost s nastavom mogu biti nastavni, izvannastavni ili izvanškolski. Svaki projekt često je kombinacija nabrojanih vrsta.

Izravnim poučavanjem odnosno frontalnom nastavom, koja je trenutno dominantni oblik poučavanja u našem obrazovnom sustavu, nije moguće ostvariti većinu nastavnih ciljeva i razvijati životne kompetencije, poput komunikacije i interakcije učenika, nastavnika i roditelja, povezivanja znanja iz različitih predmeta i izgrađivanja doživljaja jedinstva škole. Jedini način za ostvarivanje takvih nastavnih ciljeva i životnih kompetencija je aktivno učenje odnosno sudjelovanje pojedinca u akcijama, procesima, scenarijima ili projektima. Projektnom nastavom pokušavaju se prevladati nedostaci zajedničkog poučavanja učenika u velikim skupinama. Stoga

školsko učenje u projektnoj nastavi mora biti organizirano na zanimljiviji, svestraniji i učinkovitiji način. Prije organizacije školskog učenja, nastavnik u velikoj mjeri mora odbaciti koncept tradicionalnog poučavanja, predavačku i predavačko-prikazivačku nastavu. Ipak, postojeći predmetno-satni sustav našeg obrazovanja nije najpogodniji didaktički i pedagoški okvir za projektnu nastavu, zbog čega zahtjeva radikalniju preobrazbu. Primarno, pri organizaciji nastave moraju se predvidjeti ciljevi koje učenici trebaju ostvariti i osposobljenost koju će steći aktivnim sudjelovanjem u nastavi. Takva didaktika (nastava usmjerena učeniku) razmatra prostore, nastavne medije i opremu za učenikovu aktivnost, dok tradicionalna didaktika ističe nastavnikovu aktivnost, odnosno što će nastavnik govoriti, objasniti i pokazati.

Planiranje projektne nastave provodi se na makro i mikro razini (Bezjak, 2009). Na razini makro pripreme projekta, priprema se nacrt projekta u kojem se definira što se radi u projektu i zbog čega se taj projekt provodi. Na ovoj razini se pretražuju podaci, surađuje se s vanjskim suradnicima i prikupljaju se financijska sredstva. Projekt se optimizira na način da se usklade vrijeme, sredstva i resursi. Poželjno je definirati radna pravila koja umanjuju pojavu neželjenog ponašanja, potiču sudjelovanje i kompromis. Zatim se pristupa mikro pripremi projekta. Mikro priprema projekta odnosi se na konkretizirane detalje projekta. Na ovoj razini izrađuje se plan rada, zadaci se raspodjeljuju u skladu sa znanjem i iskustvom sudionika, osmišljava se način usmjeravanja i prilagodbe učenika i navodi se na ispravnost rada. Pri realizaciji projekta mogu se primjenjivati različiti oblici rada i provoditi povezane aktivnosti poput eksperimentiranja, izrade ili promatranja. Nastavnik mora kontrolirati međufaze i brinuti za konstruktivnu atmosferu. Zaključni dio projekta je najčešće intencionalan, s namjerom dovršavanja projekta, nakon čega slijedi provjera ishoda, predstavljanje i refleksija takve aktivnosti na učenike. U zaključnom dijelu, projekt se može vratiti na početnu fazu radi usporedbe očekivanog s konačnim rezultatom ili može biti i slobodan, u kojem se sudionicima prepušta završna rasprava o rezultatima projekta.

Svrha projektne nastave je stjecanje znanja, ali i osposobljenosti kojom će moći učiti, istraživati, tražiti i obrađivati informacije, koristiti metode i teorije, živjeti zajedno, stjecati socijalne, praktične i poduzetničke vještine i stvarati pozitivnu sliku o sebi. Projektna nastava kao rezultat može imati četiri različita cilja: proizvod, događaj, problem i znanje (prema: Bezjak, 2009). Kada je cilj projektne nastave proizvod, tada se radi o projektu konstruktivne vrste i naglasak je na izradi proizvoda (projekt oblikovanja). Projektna nastava s ciljem održavanja događaja naziva se projekt stjecanja i vrednovanja (estetski projekt). Projektna nastava može biti problemski projekt i naglasak je na rješavanju problema ili može biti projekt učenja u kojem je cilj usvajanje znanja (prema: Žlebnik, 1962; Bezjak, 2009). Postoji sedam kriterija za izbor projektne nastave (prema: Köck i Ott, 1989):

- Kriterij **zadovoljavanja potreba** kao uvjet prema kojem interesi i potrebe učenika trebaju odgovarati temi projekta;
- Kriterij **uvjetovanosti situacijom** uvjetuje da se projekti moraju odnositi na stvarnu i aktualnu situaciju u kojoj će učenik graditi iskustva;
- Kriterij **međuznanstvenosti** (interdisciplinarnosti) odnosi se na projekte s temom složene strukture koji trebaju biti obrađeni s različitih strana uz sudjelovanje više nastavnika iz različitih predmeta;
- Kriterij **samoorganiziranosti procesa učenja** omogućava učeniku procjenjivanje tijeka i rezultata;
- Kriterij **usmjerenosti proizvodu** odnosi se na projekte stjecanja i vrednovanja (estetski projekt) koji su usmjereni na neko djelo (scena, izložba i sl.);
- Kriterij **kolektivnog ostvarenja** zadovoljavaju projekti u kojima svi članovi skupine dijele odgovornost za uspješnost projekta;
- Kriterij **društvenog značaja** govori kako projekt treba usmjeriti nekom aktualnom događaju. Na taj način se postiže svrhovitost projekta.

Nakon izbora projekta, određene ciljeve je potrebno operacionalizirati, sastaviti plan

djelovanja, izvršiti plan i procijeniti izvedbu procesa i rezultata projektne aktivnosti. Pojavljuju se pitanja: Što i kako treba pratiti tijekom projektne aktivnosti?, Kako procijeniti rezultate i individualne aktivnosti i postignuća svakog učenika, para ili skupine?. Prilikom praćenja i vrednovanja projektne nastave nastavnik često griješi koristeći tradicionalnu ljesticu od pet ocjena, oslanjajući se na didaktičke paradigme u temeljima nastave usmjerene sebi. Pri tome često tražeći samo elemente intelektualnih aktivnosti i rezultata (znanje) i ne uzimajući u obzir kako cilj projektne nastave nije samo učenje obavijesti (informacija), nego i stjecanje predviđenih osposobljenosti. Za procjenjivanje procesa, individualnih i skupnih aktivnosti, te postignutih rezultata nastavnik mora pripremiti kontrolne liste koje služe za opisno praćenje i ocjenjivanje svakog učenika i poboljšanje ukupnog razredno-nastavnog ozračja. Kontrolna lista za praćenje svakog učenika može nastavniku poslužiti kao oslonac za izbor pedagoških postupaka koje će poduzeti radi poboljšanja osobina i osposobljenosti pojedinog učenika.

Nastavnik, osim tradicionalne uloge voditelja poučavanja, dobiva i druge obaveze kao organizator, koordinator, savjetnik, moderator i pregovarač. Projektna nastava ne mora ovisiti isključivo o nastavniku i učenicima, već i o drugim djelatnicima u školi i izvan škole. Projekt se može provoditi uz pomoć ravnatelja kao pedagoškog voditelja škole, ali i u suradnji sa stručnjacima izvan škole. U projekt se može uključiti i pedagog, koji može posjećivati projektne skupine, izvoditi opažanja njihovog rada, uočavati teškoće u organizaciji i provođenju projektne nastave. U ovoj nastavi može sudjelovati i psiholog koji će pomagati nastavnicima i učenicima u svladavanju tehnika učenja i komunikacije u skupini. Suradnik može biti i knjižničar, kao voditelj multimedijskog središta škole, drugi nastavnik kao stručnjak u pojedinim fazama projekta, a koji svojim sudjelovanjem potvrđuje interdisciplinarnost projekta. Ulogu može imati i tehničko osoblje škole koje je za sada izdvojeno iz obrazovnog procesa zbog nedostatka pedagoških kompetencija. Važnu ulogu dobivaju roditelji koji mogu pratiti, nadzirati, savjetovati i pomagati u

učenju svom djetetu. Važan izvor spoznaja mogu biti i stručnjaci izvan škole, koji mogu posjetiti školu ili biti posjećeni na svom radnom mjestu radi upoznavanja radnih i tehnoloških procesa.

Na uspjeh razrednog projekta utječu raznovrsne okolnosti i više čimbenika. Trajanje projekta će ovisiti o motivaciji i postavljenim ciljevima te planiranoj dubini i širini izvedbe. Ne postoji jedinstveni model ili način realizacije projektne nastave koji bi udovoljio svakom razredu bilo koje škole, već nastavnik treba, koristeći smjernice, sam izraditi vlastiti makro i mikro plan projekta te razraditi strategiju rada. Vrlo je važno aktivno uključivanje u rad razredne zajednice, jer se pritom upoznaje razred i pojedince. Prema potrebi nastavnik može zatražiti pomoć i savjet stručnih suradnika u školi ili izvan nje.

Načelni sadržaji i aktivnosti koji će se realizirati u osnovnoškolskoj nastavi robotike, detaljnije su razrađeni u prijedlogu kurikulume takve nastave, koji je iznesen u idućem poglavlju.

5. Okvir osnovnoškolske nastave robotike

Tehnika se dijeli na različita područja koja obuhvaćaju i znanstvene spoznaje o proizvodnji artefakata (prema: Čatić, 1997), odnosno *tehnologije*. Tako postoje kemijska tehnologija, strojarska tehnologija, građevinska tehnologija, medicinska tehnologija, informacijska i komunikacijska tehnologija itd. Posebno važno mjesto u svakom, pa tako i tehničkom području, danas ima informacijska i komunikacijska tehnologija, odnosno *tehnologija informacijskoga društva*. Uopćeno gledajući, informatika obuhvaća područja informacijskih znanosti i područja računarstva te je prema europskim preporukama o ključnim kompetencijama svrstana među osam ključnih kompetencija, dio kao tehničke (tehnološke), a dio kao digitalne kompetencije. Pri tom valja naglasiti kako automatika i robotika nisu dio informatičkog područja, te tako niti dio opće informatičke pismenosti. Naime, iako dio *alata*

koji se koriste za dizajniranje, upravljanje ili programiranje robota izvorno predstavlja informatički dio sadržaja, ovi alati su ovdje u funkciji osmišljavanja, razvoja, izrade i inoviranja tehničke tvorevine (objekta, proizvoda, artefakta). Dakle, nije moguće dizajnirati, upravljati ili programirati robotsku napravu bez razumijevanja njene mehaničke konstrukcije, načina na koji funkcioniraju različiti aktuatori i osjetila, razumijevanja automatske regulacije sustava, razumijevanja logike funkcioniranja različitih mehaničkih, električnih i elektroničkih elemenata, mehanizama i sklopova, temeljnog razumijevanja funkcioniranja računalnog i mikrokontrolerskog sklopovlja i sučelja itd. Stoga je robotika višedisciplinarno područje, koje uključuje i informatiku, ali ne kao zaseban segment poučavanja, već kao njezin integralni tehničko-tehnološki dio. Uz informatičke sadržaje robotika tako uključuje sadržaje iz strojarstva, elektronike, energetike, mehanike i drugih tehničkih područja. Dok u automatici veći dio aktivnosti učenika obuhvaća programiranje tvorevine te je, uvjetno rečeno, *bliža* informatičkom području, robotika uključuje automatiku, ali i izradu, sastavljanje konstrukcija, raznih poligona i povezivanje računalnog programa s izrađenim robotom. Zbog toga je robotika karakteristična za tehničku kulturu. Također, nastavnici tehničke kulture imaju šire kompetencije koje su potrebne za primjereno izvođenje nastave robotike. Tehnička kultura, kao redovni osnovnoškolski predmet, programom obuhvaća sva navedena područja. Osim programiranja robota, koji se može smatrati informatičkim dijelom, učenik ovdje treba osmisлити, dizajnirati i izgraditi mehaničku konstrukciju, predvidjeti, odabrati i povezati električne i elektroničke elemente i sklopovlje, uskladiti robotsku tvorevinu sa zahtjevima i potrebama te je inovirati ili prilagoditi novoj funkcionalnosti. Svladavanje takvih zadataka je zadaća tehničke kulture, zbog čega se nastava robotike može provoditi samo kao dio nastave tehničke kulture, a ne informatike.

Zbog kompleksnosti područja robotike te prethodno navedene integracije tehničkih i informatičkih spoznaja, u ovoj nastavi treba uvažiti ključne prednosti i elemente na kojima se

gradi spoznaja u jednom i drugom području. Za tehnički dio riječ je o tzv. sistemskom pristupu rješavanju problema (Kelly i Kellam, 1999) pri kojem se istovremeno i podjednako pažnja posvećuje cjelini, koja daje smisao aktivnosti, ali i svakom pojedinom segmentu pri realizaciji aktivnosti. Za informatički dio naglasak se stavlja na tzv. algoritamski način razmišljanja koji pretpostavlja razumijevanje, analizu i rješavanje problema odabirom odgovarajućih strategija i/ili programskih rješenja.

Uvažavajući iznesene procese učenja i razvoja učenika u tehničkom području, teorijski pristup konceptualizaciji (strukturiranju) i postupke operacionalizacije kurikulumu, nastavnik, u konačnici, treba konkretizirati, provesti i evaluirati učinak aktivnosti. Dobar pristup pri početnom osmišljavanju i razradi aktivnosti predstavlja tzv. **konstruktivno poravnavanje**, koje započinje jasnom slikom o ishodima učenja (Vlahović Štetić, 2009), odnosno o tome što će učenik biti u stanju učiniti nakon ispunjavanja zahtjeva predmeta te što treba činiti nastavnik i učenici kako bi se to ostvarilo. Prvo se utvrđuju kompetencije koje predstavljaju dinamičnu kombinaciju kognitivnih i metakognitivnih znanja, vještina, razumijevanja, samostalnosti i odgovornosti. Za razradu ishoda učenja koristi se spomenuta Bloomova taksonomija, pri čemu ishodi učenja predstavljaju iskaze kojima se jasno navodi što bi učenik trebao znati, razumjeti, učiniti i pokazati nakon što završi određeni proces učenja. Zatim slijedi **utvrđivanje (poravnavanje) organizacije** programa i usklađivanje **metoda poučavanja**. Na kraju se pristupa provjeri naučenog kako bi se potvrdilo da li je poučavanje dovelo do željenih promjena u znanju, vještinama, stavovima i uvjerenjima učenika.

U današnje vrijeme sve veći broj nastavnika u radu s učenicima nastoji povezati spoznaje iz vlastitog područja ili predmeta s robotikom, upravo zbog interdisciplinarnosti koje to područje nudi. Ova nastava, kao rijetko koja druga, integrira prirodosnanstveni pristup rješavanju problema, tehniku općenito, inženjerstvo prilikom izrade konstrukcija, matematiku za praćenje i predviđanje rezultata. Takva kompleksnost pruža priliku za cjeloviti razvoj pojedinca, osobito zbog

ključne uloge suradničkog učenja za takav razvoj. U ovom radu se stoga predlaže okvir kurikulumu robotike koji obuhvaća sve navedeno. Kurikulum nije konačan produkt, već je podložan promjenama koje ovise o materijalno-tehničkim uvjetima, broju polaznika, razini predznanja učenika, itd. Stoga ovaj prijedlog predstavlja otvoreni kurikulum, koji se može i treba operacionalizirati u skladu s navedenim posebnostima učenika, nastavnika, škole ili okruženja. Iako je kurikulum primarno namijenjen poučavanju robotike, njegovi ciljevi uključuju i razvoj tehničke kulture u cijelosti. Tako je svrhovitost usmjerena i razvoju smisla za vremenske rokove, periodične zadatke, odgovornost, urednost, preciznost, ali i smisla za estetiku, razvoj kreativnosti, snalaženje, odgovornost za okoliš, poduzetništvo, otkrivanje vlastitih mogućnosti i sklonosti, usvajanje pravila sigurnog rada te poštovanja drugih i sebe samog.

5.1. Opis nastavnog predmeta

Izborna nastava robotike namijenjena je učenicima 3. odgojno-obrazovnog ciklusa, odnosno učenicima od 6. do 8. razreda osnovne škole. Predmet je usmjeren na proširivanje i produbljivanje razvoja tehničkih kompetencija te razvoja metakognicije, kritičkog mišljenja, komunikacije, suradnje, informatičke i digitalne pismenosti i primjerenog korištenja tehnologija.

Redovni program nastave Tehničke kulture s 35 sati godišnje ne osigurava dovoljno vremena za obradu kompleksnog dijela sadržaja povezanog s integracijom spoznaja iz strojarstva, elektrotehnike, elektronike, automatike, energetike, računarstva i IKT-a u smislene koncepte kojih je prepuna nastava robotike. Kako se nastava robotike sastoji od izrada konstrukcija i programiranja, prema domaćim i međunarodnim iskustvima, satnica takve nastave treba bi iznositi najmanje 105 sati godišnje, odnosno 3 sata tjedno. Posebnost nastave je u izradi konstrukcija koje mogu biti od drva, šperploče, metala, polimernih ili drugih prikladnih materijala, a koji se često nalaze i u komercijalno dostupnim edukacijskim setovima.

Nastava se provodi jednom tjedno, putem objedinjena tri školska sata, u terminu koji odgovara svim učenicima koji pohađaju nastavu robotike. Ne treba isključiti ni mogućnost provođenja nastave subotom. Učenici gube potreban kontinuitet u radu ukoliko se svaki sat nastave provodi pojedinačno tri puta tjedno, upravo zbog dominantnog projektnog pristupa nastavi. Zbog toga ova tri sata trebaju činiti jedinstvenu vremensku cjelinu (*trosat*). Na uvodnom satu, u sva tri razreda, učenici kreiraju svoje račune na portalu za učenje, kojega je nastavnik odabrao i prilagodio, te koji predstavlja stanoviti digitalni portfelj učenika. Portal ujedno predstavlja i *poligon* za suradnju i razmjenu njihovih informacija. Na svom profilu učenici uređuju osobne podatke, fotografije te postavljaju dokument kojeg mogu mijenjati. U ovaj dokument učenik može unositi bilješke o svojim aktivnostima, upute za idući sat, korištene izvore, rezultate i iskustva. Ovakav dokument nastavnik koristi za praćenje aktivnosti svakog učenika. Učenici ujedno trebaju koristiti i vanjsku memoriju na koju će pohranjivati različite materijale i programske kodove robota. Po završetku projekta, na portal za učenje postavljaju svoj program, slike, video-uratke, izvješće i ostalu digitalnu dokumentaciju.

Robotika treba biti usmjerena razvoju sistematskog i kritičkog razmišljanja te shvaćanju načela rada tehničkih tvorevina. Istaknutu ulogu u tom procesu imaju aktivnosti na poboljšanju postojećih rješenja, unapređivanju robotskih konstrukcija i razvijanju programskog koda. Tako usmjeren predmet kod učenika razvija kompetencije potrebne za buduće profesionalno napredovanje ali i za inovativnost i stvaralaštvo. Ipak, u predloženom kurikulumu nisu razrađeni konkretni ishodi učenja, jer je tako visoka operacionalizacija, kao dio kompetencija nastavnika, određena posebnostima učenika, škole, okruženja te sklonostima nastavnika.

5.2. Ciljevi učenja i poučavanja

U kurikulumu osnovnoškolske nastave potrebno je proširiti i produbiti sadržaje općeg i obveznog tehničkog odgoja i obrazovanja, primarno zbog

gospodarsko-socijalnih i razvojno-ekonomskih razloga. Realizacijom izborne nastave robotike učenici će:

1. Usvojiti primjerena proceduralna tehničko-tehnološka znanja te ih svrhovito i smisleno integrirati sa spoznajama iz drugih područja, osobito s prirodosnanstvenim, informatičkim, matematičkim i društvenim područjima;
2. Usavršiti i razvijati spoznajne, psihomotorne, socijalne i komunikacijske vještine potrebne za svrhovito, sigurno i društveno prihvatljivo korištenje tehničkih sredstava i tehnologije, u skladu s vlastitim interesima, mogućnostima, sklonostima i potrebama;
3. Usvojiti sistematski i algoritamski način razmišljanja i djelovanja te vještine i sposobnosti primjene računala potrebne za rješavanje tehničkih problema i samostalni razvoj, stvaranje, predstavljanje i dokumentiranje tehničke tvorevine, tehnologije ili vlastite aktivnosti;
4. Razvijati vještine potrebne za samoorganizirano, samostalno, odgovorno i aktivno učenje i napredovanje u tehničko-tehnološkom, životnom i budućem profesionalnom okruženju;
5. Usvojiti znanja, vještine i stavove potrebne za donošenje razumnih odluka koje se odnose na rad i proizvodnju, okoliš, održivi razvoj uz poštivanje sigurnosnih, etičkih, gospodarskih, ekoloških i kulturnih načela.

Zacrtani ciljevi se podudaraju sa svrhom učenja i poučavanja tehničkog i informatičkog područja kurikuluma te s razvojem generičkih kompetencija predviđenih prijedlogom Okvirnog nacionalnog kurikuluma.

5.3. Organizacija predmetnog kurikuluma

Izbornu nastavu robotike upisuju učenici koji u sadržaju i aktivnostima ovog predmeta otkriju vlastite sklonosti i interese i tako stječu tehničko-tehnološka znanja, razvijaju vještine i usvajaju primjerene vrijednosti i stavove.

Konceptualizacija tehnike u svijesti pojedinca razvija se upoznavanjem fizičke i funkcionalne prirode odabranih artefakata (objekata) tehnike, aktivnostima s tim artefaktima te dizajniranjem (oblikovanjem, konstruiranjem) i produkcijom tvorevina i tehnologije. Pri tom se uvažava humani (voljni) aspekt tehnike, a sve navedeno čini jezgru specifičnih tehničko-tehnoloških znanja. Stoga su domene ovog nastavnog predmeta koncipirane na način da uključuju interaktivni međuodnos artefakata, aktivnosti i humanog aspekta tehnike. Domene izbornog predmeta robotika su: **Tehnika i tehnologija robota, Programiranje i razvoj robota, Robotika i čovjekovo okruženje.** Sadržaji i aktivnosti uključuju interaktivni međuodnos sve tri navedene domene. Učenik pri tom koristi prethodno usvojena znanja, vještine i sustave vrijednosti, koje se tijekom aktivnosti u nastavi nadograđuju i razvijaju. Takvim uspješnim samoostvarivanjem razvijaju se i učenikove socijalizacijske vještine, mogućnost upravljanja vlastitim učenjem, razvija se samosvijest, te usvajaju pozitivne vrijednosti i stavovi.

5.3.1. Tehnika i tehnologija robota

U ovoj domeni učenik se izravno susreće i koristi sve dijelove robota i potrebna tehnička sredstva (alat, pribor, uređaje, modele, makete i računala), tehničke materijale, mehanizme te računalne i informacijske sustave. Dijelovi robota su: različite konstrukcije (drvena, plastična, kartonska, metalna), motori (aktuatori), senzori, vodiči, izvori napajanja, upravljačko središte robota, sučelje za programiranje i računalno sa sučeljem za programiranje. Iz ove domene proizlaze ishodi učenja koji su ključni za učenikov pravilan izbor, uporabu i oblikovanje tehničkih materijala i sredstava; za pravilno upravljanje i rukovanje uređajima, aparatima i instrumentima, za računalno upravljanje automatskim i robotskim sklopovima; za razumijevanje tehničkih sustava; za razumijevanje prirodnoznastvene i tehničko-tehnološke podloge funkcioniranja tehničkih sustava; te za razumijevanje svrhovitosti i tehnologije usluga koje ovo područje pruža. U osnovi, ovu domenu čine artefakti robotike.

5.3.2. Programiranje i razvoj robota

Domena programiranje i razvoj robota uključuje sve aktivnosti na osmišljavanju i konstruiranju (izradi) robota, algoritme te pripremu računala, izradu programa, povezivanje robota i računala te izvođenje programa. Svrha ovih aktivnosti je dovesti učenika u situaciju koja odražava situaciju iz stvarnog svijeta, za čije rješavanje će uložiti potreban mentalni napor, koristiti temeljne vještine i umijeća, te će u suradnji s vlastitim okruženjem uspješno realizirati i predstaviti vlastito rješenje. Pri takvim aktivnostima učenik upoznaje računalnu logiku i razvojne procese, ne ograničavajući se samo na sučelje za programiranje. Pri tom uviđa *širu sliku* robotskih i automatskih sustava, problema i opasnosti koje postoje u radu s tim uređajima. Koristi se računalom za istraživanje, oblikovanje, dokumentiranje, predviđanje i praćenje rezultata. Pri tom ujedno koristi alate za suradnju, komunikaciju i razmjenu sadržaja. Ove aktivnosti su usmjerene razvoju tehničkih vještina, ali i spoznajnih mentalnih modela, poticanju vlastitog kritičkog razmišljanja i razvoju tzv. razmišljanja višeg reda.

5.3.3. Robotika i čovjekovo okruženje

Tijekom aktivnosti u ovoj domeni učenici usvajaju pravila sigurne i etičke namjene i uporabe robota. Pri tom razvijaju temeljne vrijednosne sustave bitne za održivi razvoj društva i očuvanje vlastitog zdravlja i okoliša. Učenici primjenjuju pravila zaštite pri radu s tehničkim sredstvima i tehnologijom. Za izradu vlastitih konstrukcija i proizvoda koriste već korištene materijale iz vlastitog okruženja, racionalno i primjereno koriste materijale, sredstva i energiju pri realizaciji aktivnosti, istražuju važnost razvoja i održanja tehničko-proizvodnih sustava za gospodarstvo i život zajednice, istražuju probleme i posljedice tehničko-tehnološkog razvoja na čovjeka i prirodni okoliš te osmišljavaju vlastite načine, mehanizme i postupke koji bi mogli doprinijeti očuvanju okoliša, napretku zajednice i poboljšanju kvalitete življenja. U sklopu ove domene, s učenicima se može organizirati stručna ekskurzija

u automatizirani tehnički pogon u kojem mogu vidjeti strojeve u radu, način zbrinjavanja otpada i mjere koje provode kao zaštitu na radu.

S obzirom da je nastavni predmet robotika sadržajno i metodički pripremljen kao izborni predmet i izvodi se od 6. razreda, učenicima se treba omogućiti uključivanje u ovu nastavu i u 7. razredu. Tada se s takvim učenicima radi prema kurikulumu 6. i 7. razreda, kako bi stekli dovoljno znanja i vještina za sadržaje 8. razreda. U kurikulumu 6. razreda, učenici se upoznaju s robotskom tehnologijom, svim dijelovima potrebnim za sastavljanje funkcionalnog robota, jednostavnijim konstrukcijama, a imaju manje obaveza s izvještajima i portfeljem. Za učenike 7. i 8. razreda predviđene su aktivnosti sa složenijim robotskim konstrukcijama, karakterističnim za uže tehničko-tehnološko područje. Na taj se način produbljuju spoznaje o kinematici robota (robotskim mehanizmima), koristi se viša razina programiranja i logički sklopovi. Pri tom se odvija temeljno upoznavanje električnih sklopova, naprednije korištenje senzora i detaljnija analiza gotovih robotskih rješenja. Učenici o tome pišu izvješća te razvijaju vještine osmišljavanja, temeljnog inoviranja, dizajniranja, sastavljanja i upravljanja robotima. Projekti učenika zasnivaju se na aktivnostima koje su nastale razradom vlastitih ideja. Svaka ideja se realizira u skladu s dostupnim materijalima i sredstvima, izborom prikladnih pogona, elemenata i sklopova, dizajniranjem (konstruiranjem) i izradom naprave, te dokumentiranjem i predstavljanjem rezultata. U ovoj razvojnoj fazi moguće je koristiti i složenije edukacijske robotske sustave s namjerom pripreme učenika za natjecanja iz ovog područja na različitim razinama.

5.4. Povezanost s ostalim predmetima i područjima

Izborna nastava robotike je, zbog svoje integrativne funkcije, povezana s više nastavnih područja i međupredmetnih tema. Primarnu povezanost aktivnosti i sadržaja čine spoznaje iz prirodoslovnog područja, iz kojeg proizlaze osnove za razumijevanje tehničkih materijala te funkcioniranja i djelovanja tehničkih tvorevina i

konceptata, pa tako i automatiziranih sustava. Nastavni predmet Fizika u 7. razredu otvara nove spoznaje koje su osnovica za razumijevanje mehaničkih konstrukcija, različitih tehničkih sustava, električnih uređaja te elektroničkih i računalnih sklopova i uređaja. Uz Fiziku, učenici u istom razredu dobivaju nastavne predmete Kemija i Biologija. Spoznaje iz kemije potrebne su za razumijevanje svojstava materijala, kemijskih procesa na osnovi kojih funkcioniraju mnoge tehničke tvorevine i za razumijevanje ekološkog aspekta tehnike. Nova znanja iz biologije su osnovica za razumijevanje bioloških procesa na koje tehnika utječe, ali i za bolje razumijevanje uloge čovjeka u svijetu tehnike. Znanje iz matematike iznimno je važno za rješavanje složenih računalnih, logičkih i konstrukcijskih tehničkih problema. Spoznaje iz informatike nužne su za razvoj algoritamskog načina razmišljanja i primjene informacijsko-komunikacijske tehnologije pri rješavanju problema. Poveznice s društveno-humanističkim područjem vidljive su kroz usvajanje pozitivnih društvenih vrijednosti, dok su za razvoj primjerenog jezičnog izražavanja učenika u tehničkom području važne jezične kompetencije. Za vizualno izražavanje, dizajniranje i za razvoj fine motorike važne su kompetencije koje proizlaze iz likovnog umjetničkog područja. Razvoj psihomotornih vještina, koordinacije i motorike, koji je značajan za cjeloviti razvoj pojedinca, povezan je s tjelesnim i zdravstvenim područjem. Poveznice s ostalim predmetima i područjima trebale bi biti obostrane, ako se želi postići cjeloviti i potpuni razvoj učenika. Sadržaji i aktivnosti u nastavi prirodoslovlja i matematike trebaju se povezati s praktičnom primjenom u tehničkom području, u jezičnom području sa specifičnom tehničkom terminologijom, a u društveno-humanističkom području sa značenjem tehnike i tehnologije za svakodnevni život, gospodarski razvoj te za održivi razvoj društva. Poveznice s jezično-komunikacijskim područjem iznimno su važne za razvoj komunikacijskih i suradničkih vještina učenika. Ove vještine se osobito dobro razvijaju pri istraživanju potreba društva i zajednice (npr. potrebe za robotskim rješenjima) te pri predstavljanju vlastitog rada i

rezultata. Na taj način se ujedno opće jezično-komunikacijske kompetencije proširuju tehničkim nazivljem i izražavanjem. Razvoj primjerenog odnosa prema radu i vlastitim aktivnostima, razvoj svijesti o utjecaju i značaju tehnike za osobni i društveni razvoj, te odgovorna primjena tehnologije izvori su spoznaja za međupredmetne teme: poduzetništvo, osobni i socijalni razvoj, zdravlje, održivi razvoj, te za građanski odgoj i obrazovanje.

5.5. Učenje i poučavanje u izornoj nastavi robotike

Za ostvarivanje ciljeva izorne nastave robotike, načini i strategije poučavanja trebali bi biti usklađeni sa suvremenim znanstvenim dosezima i dobrom praksom nastave tehničke kulture. Vođena takvim pristupom, izorna nastava bi se trebala realizirati primjerenim kontekstualnim pristupima učenju i poučavanju koji se odnose na projektnu nastavu, odnosno na: konstruiranje i programiranje robota; inoviranje i rješavanje tehničkih problema; istraživanje i ispitivanje tvorevina, materijala ili tehnologije; učeničko poduzetničko predstavljanje rezultata rada. Takvim aktivnostima učenici će ujedno steći uvid u izvorno tehničko-tehnološko, proizvodno i radno-socijalno okružje (prema: Purković, 2015).

Osnovne pretpostavke za realizaciju učenja i poučavanja u izornoj nastavi robotike odnose se na: osiguranje primjerenih uvjeta, vremena za stjecanje znanja i razvoj vještina, slobode stvaranja, kritičkog promišljanja tehničke tvorevine ili tehnologije, te na preuzimanje osobne i zajedničke odgovornosti za rezultate vlastitih aktivnosti. Kurikulum se treba realizirati uglavnom kao projektna nastava, pri čemu će učenici aktivno razrađivati vlastitu i njima smislenu ideju robota, izraditi konstrukciju ili nadograditi postojeću, napisati program, samostalno predstaviti rezultate aktivnosti te iznijeti vlastita iskustva tijekom realizacije aktivnosti. Pri tom će ujedno promišljati i elaborirati poduzetničke mogućnosti primjene i plasmana robota, tehnologije ili inovacije u stvarnom svijetu. Realizacijom projektne nastave učenici će nužno rješavati i određene tehničko-

tehnološke probleme, istraživati i ispitivati materijale i tehničke tvorevine, otkrivati društvene potrebe i interese, koristiti računala pri programiranju, istraživanju, komunikaciji i realizaciji zamisli. Zadatak učitelja je da učenike vodi i poučava (kognitivnim naukovanjem). Za potpunu i uspješnu realizaciju projekta, u nastavu treba uključiti i provedbu stručnih ekskurzija, pri kojima učenici imaju priliku upoznati tehnološko-proizvodnu i radno-socijalnu stvarnost. Na taj će način izravno upoznati probleme takve stvarnosti, ali i zanimanja u strukovnom i profesionalnom tehničkom području rada. S učenicima se može održati nastava i u centrima tehničke kulture, ukoliko škola ne pruža dovoljno mogućnosti za realizaciju aktivnosti.

Nastava se treba zasnivati na samostalnom i suradničkom radu učenika čije aktivnosti učitelj treba detaljno pripremiti, organizirati i voditi. Tijekom provedbe aktivnosti, učitelj treba težiti visokim postignućima učenika u smislu kvalitete tehničke tvorevine, robota ili inovacije. Svakako je potrebno organizirati ili osigurati sudjelovanje na školskim sajmovima i manifestacijama, uključujući i tzv. projektne dane na kojima bi učenici predstavljali svoje robote, održavali natjecanja i sl. Ovaj kurikulum je obilježen visokom razinom otvorenosti, zbog čega učitelj obvezno treba izraditi vlastiti operativni kurikulum izorne nastave, te kriterije za vrednovanje postignuća učenika. Operacionalizacija kurikulumu treba biti vođena interesima, razvojnim mogućnostima i napretkom učenika, zbog čega i operativni kurikulum treba biti vrlo fleksibilno osmišljen, dokumentiran i realiziran. Nastavni sadržaji uvjetovani su robotskim konstrukcijama i tehnologijom koju učenici razvijaju ili istražuju tijekom nastave, a uvelike ovise o količini i kakvoći robotskih kompleta. Primjerice, ukoliko nastavnik raspolaže s nekoliko edukacijskih setova, tada će nastavni sadržaj biti manje orijentiran na izradu konstrukcija od drugih materijala, a ako nastavnik raspolaže samo s elektromotorima, senzorima i upravljačkim jedinicama (npr. Arduino razvojne platforme), tada će nastavni sadržaj imati veći naglasak na izradu konstrukcije robota od dostupnih materijala. Sadržaj ovakve nastave nije moguće razdijeliti na uobičajene sadržajne cjeline,

već se cjeline trebaju voditi etapama konkretne projektne ili problemsko-projektne nastave. Razrada konkretnih sadržaja i aktivnosti učenika prepuštena je stručnim kompetencijama učitelja, koji najbolje poznaju interese, sklonosti i mogućnosti učenika te uvjete i okruženje u kojem će se nastava izvoditi.

Učitelj treba preuzeti odgovornost za konkretizaciju ciljeva, aktivnosti, sadržaja i ishoda učenja nastave robotike. Kao kompetentni stručnjak u ovom osjetljivom, vrijednom i kompleksnom nastavnom području, treba uzeti u obzir navedene opće ciljeve i predložene nastavne strategije, interese i sklonosti učenika, uvjete, mogućnosti i interese školskog i izvanškolskog okružja te osobne sklonosti i sposobnosti. Operativni kurikulum nastave robotike učitelj treba uskladiti s predviđenim ograničenjima školskog sustava, odnosno, načinom organizacije nastave i vremenom predviđenim za realizaciju. Osim navedenog, škola u suradnji s učiteljem, društvenom zajednicom i tijelima nadležnog Ministarstva treba osigurati osnovne materijalno-tehničke i prostorne uvjete za izvođenje nastave.

Predlaže se da se nastava realizira satnicom od 3 sata tjedno. Broj učenika ovisi o količini setova i/ili elektroničkih komponenti s kojima učitelj raspolaže. Ukoliko nema dovoljno zainteresiranih učenika, predmet nije potrebno izvoditi za svaki razred posebno, već se sve upisane učenike može poučavati u jednom terminu. Pri tom treba uzeti u obzir razinu znanja i mogućnosti svakog pojedinca u grupi. Poželjni socijalni oblik rada je rad učenika u parovima ili heterogenim skupinama do četiri učenika. Pri tom nije važna dob učenika, već razina znanja i dispozicije pojedinca. Ovakav oblik rada osigurava razvoj socijalnih, komunikacijskih i suradničkih vještina, kao i mogućnost suradničkog učenja.

Prostor u kojem se izvodi nastava Robotike treba svojom opremom i uređenjem činiti dio smislenog konteksta nastave. Opremljenost prostora treba uključiti multimedijски projektor s pripadajućim računalom, platnom i ozvučenjem te dovoljan broj računala za svaki par ili grupu učenika. Površine radnih ploha moraju biti mobilne, da ih se prema potrebi može spajati i razmještati, a moraju omogućavati smještaj

osobnog ili prijenosnog računala, materijala, alata, pribora i dokumentacije te površinu za zajedničke aktivnosti na izradi ili sastavljanju robotske konstrukcije. S obzirom na dominantni suradnički skupni rad učenika, broj umreženih računala s prikladnim sučeljima za programiranje robota može varirati od 5 do 15. Za programiranje robota može se koristiti i učionica za izvođenje nastave informatike, dok bi se u školskoj radionici mogle obavljati aktivnosti na konstrukciji robota. Učitelj se mora prilagoditi mogućnostima i opremljenosti škole. Prostor školske radionice za izradu konstrukcije treba biti opremljen s najmanje 15 kompleta alata, pribora i osnovnih mjernih instrumenata koji se koriste pri ručnoj i mehaniziranoj obradi drvnih prerađevina, polimera i kovina, te sa specijaliziranim radnim mjestima na koja se smještaju strojevi i uređaji. Strojevi i uređaji trebaju biti posebno prilagođeni za korištenje u edukacijske svrhe (jedan ili više univerzalnih strojeva za obradu drvnih prerađevina i polimera, uređaj za rezanje stiropora, uređaj za savijanje polimera i sl.). Oprema ovog prostora treba uključivati i dovoljno kompleta pribora za lemljenje (lemilo, stalak sa stezaljkama i povećalom, vakuum pumpica) i nekoliko univerzalnih mjernih instrumenata. Prostor treba biti opremljen s najmanje 5 laboratorijskih izvora napona i s najmanje 15 projektnih razvojnih kompleta za elektroniku i automatiku (poželjne su razvojne platforme tzv. otvorenog koda). Ukoliko učitelj raspolaže s više edukacijskih robotskih kompleta i odluči se na rad bez drugih materijala, tada ne mora koristiti radionicu za izradu konstrukcije, već mu je samo potreban prostor s računalima i dovoljno mjesta za sastavljanje konstrukcija ili sklopova. Ujedno je učenicima potrebno osigurati različite poligone za vožnju i testiranje robota (papiri formata A0 sa stazama, poligon za *robotsko spašavanje*). Od ostalog mjernog pribora prostor treba opremiti s najmanje 2 mjerne trake do 7m te s najmanje 5 pomičnih mjerki. Obvezujuću opremu prostora radionice čini i vidno označen ormarić za prvu pomoć. Sva specijalizirana radna mjesta trebaju biti označena prikladnim tehničkim oznakama opasnosti i uputama za pravilno korištenje i pristupanje. Prostor mora sadržavati ugrađene

ormariće s bravom i policama na koje se postavljaju različita nastavna sredstva te odlažu roboti učenika. Prostor ujedno treba imati i dvije pomoćne prostorije, jednu za smještaj kompleta alata, setova i robotskih kompleta, a drugu za smještaj učitelja. Ovako opremljen prostor pruža osnovne uvjete za izvođenje nastave robotike. Ujedno se preporučuje prostor opremiti prikladnim plakatima, tehničkim tvorevinama (ekspozatima) i primjerima raznih tehnologija kako bi se učenicima potaknula mašta i potreba za daljnje istraživanje i stvaranje novih ideja.

5.6. Vrednovanje ishoda učenja

Glavni elementi na temelju kojih učitelj treba graditi kriterije za vrednovanje postignuća učenika u nastavi robotike su kakvoća konstrukcije koje je učenik producirao tijekom aktivnosti, kakvoća predstavljanja radova i aktivnosti, kakvoća različite dokumentacije koju učenik producira te iskazana razina suradnje, samostalnosti i odgovornosti pri radu. Ovakvo vrednovanje autentičnih produkata i aktivnosti realizira se tijekom i nakon dominantnih aktivnosti učenika. Samostalnost učenika, socijalne i komunikacijske vještine te odnos učenika prema zadacima, materijalno-tehničkoj osnovi nastave te prema drugima sudionicima u nastavi, vrednuje se tijekom aktivnosti. Cilj ovakvog vrednovanja usmjeren je modeliranju učenikovih postupaka i ponašanja te davanju povratne informacije koja će učenika usmjeravati na uspjeh i napredovanje. Učenikovo znanje i razumijevanje te razvijenost spoznajnih i psihomotornih vještina primarno se vrednuju nakon realizacije dominantne aktivnosti učenika, odnosno prilikom učenikovog predstavljanja vlastite tvorevine i rezultata aktivnosti. Dakle, razvijenost psihomotornih vještina se vrednuje posredno, procjenom preciznosti i funkcionalnosti uratka, dok se spoznajne vještine i razumijevanje sadržaja vrednuju tijekom predstavljanja, odnosno, provedene diskusije i refleksije učenikove aktivnosti. Prilikom provjere portfelja učenika, vrednuju se sadržaj, gramatika i pravopis, ustroj podataka i samo izlaganje vlastitog programa. Pri toj provjeri analizira se odražavanje

kritičkog razmišljanja, razvijenost rječnika i uporaba tehničkih izraza i terminologije, logički redoslijed unošenja podataka, te korištenje multimedijских pomagala prilikom objašnjavanja vlastitog programa. U izornoj nastavi robotike može se koristiti i test znanja, koji je poželjno rješavati uporabom računala. Ovakve provjere daju značaj tehničko-tehnološkim znanjima i spoznajnim vještinama, odnosno, akademskim postignućima učenja, čiji razvoj je krajnji cilj svakog odgojno-obrazovnog rada.

6. Zaključci

Posljednjih godina se u hrvatskom osnovnoškolskom obrazovanju provode različiti programi koji se nazivljem pozivaju na robotiku. Ovakvi programi uglavnom su dio izvannastavnih i izvanškolskih aktivnosti, a obilježava ih izostanak primjerene konceptualizacije, te su često pedagoški neprimjereni ili stručno izvan konteksta robotike. Među njima su i oni koji ustvari ne sadržavaju elemente robotike kao dijela tehničkog područja. Naime, postoji bitna razlika između korištenja edukacijskih robotskih naprava za razvoj informatičke pismenosti od učenja robotike. Učenje i poučavanje robotike, da bi se tako zvalo, nužno treba integrirati spoznaje iz više tehničkih područja (strojarstva, elektrotehnike, automatike, energetike) s informatičkim spoznajama. Na taj se način ujedno pomaže učenicima razvijati i prirodnoznanstvenu pismenost kao i svijest o tehničko-tehnološkom utjecaju i međuovisnosti tehnike s čovjekom, društvom i prirodnim okolišem. Uvažavajući takav holistički pristup, ali i teorijske osnove razvoja kurikuluma i konceptualizacije tehnike, predloženi kurikulum robotike koncipiran je u tri domene: *tehnika i tehnologija robota* (artefakti), *programiranje i razvoj robota* (aktivnosti) i *robotika i čovjekovo okruženje* (humani aspekt). Ove domene se prožimaju tijekom aktivnosti učenika, čime se stječu potrebna znanja i vještine.

Predloženi kurikulum robotike namijenjen je nastavnicima koji se žele upustiti u realizaciju nastave robotike, ali i svim onima koji već izvode takvu nastavu, s ciljem boljeg razumijevanja ovog

kompleksnog područja. Ipak, ovdje je iznesen samo okvirni prijedlog i mogućnosti, kao otvoreni kurikulum ove nastave. Na taj način je svakom nastavniku pruženo dovoljno slobode i mogućnosti za nadogradnju, prilagodbu i konkretnu operacionalizaciju nastave.

Unatoč tome, sustavna implementacija kurikulumu robotike pretpostavlja primjerenu materijalno-tehničku osnovicu, ali i permanentno usavršavanje nastavnika. Stoga će mnoge hvalevrijedne inicijative, projekti i aktivnosti ostati nepotpune ili nedostatne, ako se robotika bude poučavala bez sustavne znanstvene podloge i bez potrebne edukacije nastavnika. Zbog toga se ovim kurikulumom želi *otvoriti vrata* mogućnostima i prednostima takve nastave i potaknuti nastavnike na učenje i razvoj kompetencija za izvođenje nastave robotike. Daljnjim razvijanjem kurikulumu te osobito budućih primjera *dobre prakse* može se od obrazovnih vlasti očekivati prepoznavanje značenja robotike kao dijela tehničke kulture. Ipak, nije moguće očekivati da će rezultati uvođenja robotike i automatike u nastavu biti kratkoročno vidljivi, već se učinak takvog sustavnog razvoja učenika može očekivati tek kao povratna informacija iz privrede u kojoj će dobiti priliku pokazati naučeno i vratiti uloženo.

Literatura

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Becker, K. (2002). Constructivism and the use of technology. *The Technology Teacher*, 61(7), 1-8.
- Bezjak, J. (2009). *Project learning of model PUD-BJ- from idea to the product*. Klagenfurt: LVM.
- Bransford J., Sherwood R., Vye N., Reiser J. (1986). Teaching thinking and problem solving: research foundations. *American Psychologist*, 41(10), 1078-1089.
- Chickering, A. W., Gamson, Z. F. (1987). Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education. *AAHE Bulletin*, 39(7), 3-7.
- Čatić, I. (1997). Kulturološki-sustavna raščlamba tehnologije. U: *Društvo i tehnologija '97*, Plenković, J. (ur.). Rijeka: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 285-291.
- Dave, R. H. (1975). *Developing and Writing Behavioural Objectives* (Armstrong, R. J., ur.). Tucson, Arizona: Educational Innovators Press.
- Dewey, J. (1952). *Experience and Education*. NY: The Macmillan Company.
- Doolittle, P. E., Camp, W. G. (1999). Constructivism: The career and technical education perspective. *Journal of Vocational and Technical Education*, 16(1), 23-46.
- European Parliament (2006). Recommendation 2006/962/EC of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning. *Official Journal of the European Union*, L 394/10, 30. 12. 2006.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1993). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences (tenth anniversary edition)*. New York: Basic Books.
- Jacobson, M. J., Wilensky, U. (2006). Complex system sin education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the learning sciences*, 15(1), 11-34.
- Kelly, T., Kellam, N. (2009) A Theoretical Framework to Guide the Re-Engineering of Technology Education. *Journal of Technology Education*, 20(2), 37-49.
- Krstulović, A. (2003). *Uvod u industrijsku robotiku*. Zagreb: Hrvatska zajednica tehničke kulture.
- Matijević, M. (2008). Projektno učenje i nastava. U Drandić, B. (ur.), *Nastavnički suputnik*, 188-225, Zagreb: Znamen.

- Milat, J. (1993). Metodčki aspekti procesa osamostaljenja učenika u radno-tehničkom odgojno-obrazovnom području. *Školski vjesnik*, 39(1/2), 65-73.
- Milat, J. (1997). Operativni plan i program: osnovica metodičke dokumentacije. *Školski vjesnik*, 46(2), 163-172.
- Milat, J. (2005). Pedagoške paradigme izrade kurikulumu. *Pedagojska istraživanja*, 2(2), 199-208.
- Milat, J. (1996). Tehnička kultura bitna je odrednica sustava obrazovanja. *Društvena istraživanja*, 5(1), 109-128.
- Milat, J. (1995). Uloga učitelja u radu s posebno nadarenim učenicima za tehničku kulturu. *Tehnička kultura - Glasilo Hrvatske zajednice tehničke kulture*, 11(6), 29-31.
- Morgan, R., Jones, L., Barlex, D. (2013). New Principles for Design & Technology in the National Curriculum, E4E. Preuzeto 28. 03. 2014. sa http://www.educationforengineering.org.uk/reports/pdf/e4e_report_feb2013.pdf.
- MZOŠ (2001). *Nacionalni okvirni kurikulum za predškolski odgoj i obrazovanje te opće obavezno i srednjoškolsko obrazovanje*. Zagreb: Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH.
- MZOS (2006). *Nastavni plan i program za osnovnu školu*. Preuzeto 23. 11. 2016. sa <http://public.mzos.hr>.
- MZOS (2013). *Nastavni plan i program za osnovnu školu*. Preuzeto 23. 11. 2016. sa <http://public.mzos.hr>.
- Hrvatski sabor (2014). *Strategija obrazovanja, znanosti i tehnologije*. Preuzeto 05. 01. 2017. sa http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_124_2364.html.
- Ormrod, J. E. (2012). *Human learning*, 6th ed. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Petrina, S. (1998). Multidisciplinary Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 103-138.
- Petrina, S. (2007). *Advanced Teaching Methods for the Technology Classroom*. Hershey-London-Melbourne-Singapore: Information Science Publishing.
- Purković, D. (2013). Konstruktivistički pristup operacionalizaciji kurikulumu tehničke kulture. *Pedagojska istraživanja*, 10(1), 49-62.
- Purković, D. Bezjak, J. (2015). Kontekstualni pristup učenju i poučavanju u nastavi temeljnog tehničkog odgoja i obrazovanja. *Školski vjesnik* 64(1), 131-152.
- Purković, D. Salopek, G. (2015). *Osnove mehatronike: Za početno učenje i buduće nastavnike*. Sveučilište u Rijeci, FFRI, Odsjek za politehniku.
- Purković, D. (2018). Conceptualization of Technology as a Curriculum Framework of Technology Education. U: *Proceedings TIE 2018*, Miličević, I. (ur), Čačak, Serbia: Faculty of technical Sciences Čačak, University of Kragujevac, 3-11.
- Scott, J. , Sarkees-Wircenski, M. (2001). *Overview of career and technical education*. American Technical Publishers.
- Svedružić, A. (2007). Znanstveni kurikulum kroz STS paradigmu. *Metodički ogledi*, 14(2), 101-116.
- UNESCO/ILO (2001). *Tehničko i strukovno obrazovanje, osposobljavanje za 21 stoljeće: Preporuke UNESCO-a i ILO-a*. Preuzeto 10. 02. 2017. sa <http://www.unesco.org/education>.
- UNESCO (2004). *Learning for Work, Citizenship and Sustainability (The Bonn Declaration)*. Preuzeto 23. 03. 2017. sa http://www.unevoc.unesco.org/fileadmin/user_upload/pubs/SD_BonnDeclaration_e.pdf.
- UNESCO (2012). *Shanghai Consensus: Recommendations of the Third International Congress on Technical and Vocational Education and Training 'Transforming TVET:*

Building skills for work and life', Shanghai: TVET. Preuzeto 20. 11. 2016. sa <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/pdf/concensus-en.pdf>.

Vlahović Štetić, V. (2009). *Ishodi učenja i konstruktivno poravnanje*. U: *Planiranje kurikuluma usmjerenoga na kompetencije u obrazovanju učitelja i nastavnika*, Vizek, Vidović, V. (ur.), Zagreb: Filozofski fakultet; Učiteljski fakultet, 41-48.

Wankat, P. (2002). Improving engineering and technology education by applying what is known about how people learn. *Journal of STEM education*, 3(1), 3 - 8.

Williams, P. J. (2000). Design: The Only Methodology of Technology. *Journal of Technology Education*, 11 (2), 48-60.

Žlebnič, L. (1962). *Opšta istorija školstva i pedagoških ideja*. Beograd: Naučna knjiga.

practical starting points for organizing such teaching and curriculum development. The theoretical part of the thesis deals with the importance and the position of the technology in general education and the concepts and approaches to the development of technology education in general and in particular the teaching of automatics and robotics. The second part of the paper encompasses guidelines for the development and operationalization of such curriculum in general education, and also provides a framework curriculum proposal. Although such guidelines do not address many student activities at the micro level, they make a clear starting point for the development and operationalization of the curriculum that each teacher has to adapt to their students and the environment.

Keywords: *automatics; elective teaching; teaching curriculum; robotics; technical culture.*

Curriculum development of the teaching robotics in general education

Abstract

Over the last few decades, robotics have become an important field of technology that is rapidly evolving and without which modern production cannot be imagined today. Such development also affects the educational process, which needs to be adjusted if the society wants to move forward. Due to the attractiveness and wide availability of various robotic and automated devices and gadgets, robotics have become a subject of interest for children of different ages, as well as the subject of teaching in various school and out-of-school programs and activities. Nevertheless, the complexity and multidisciplinary nature of such content and the high cognitive demands of teaching point out the problem of adequacy of approaches, strategies and methods of learning and teaching, and development and operationalization of the teaching curriculum. Therefore, this paper provides theoretical and